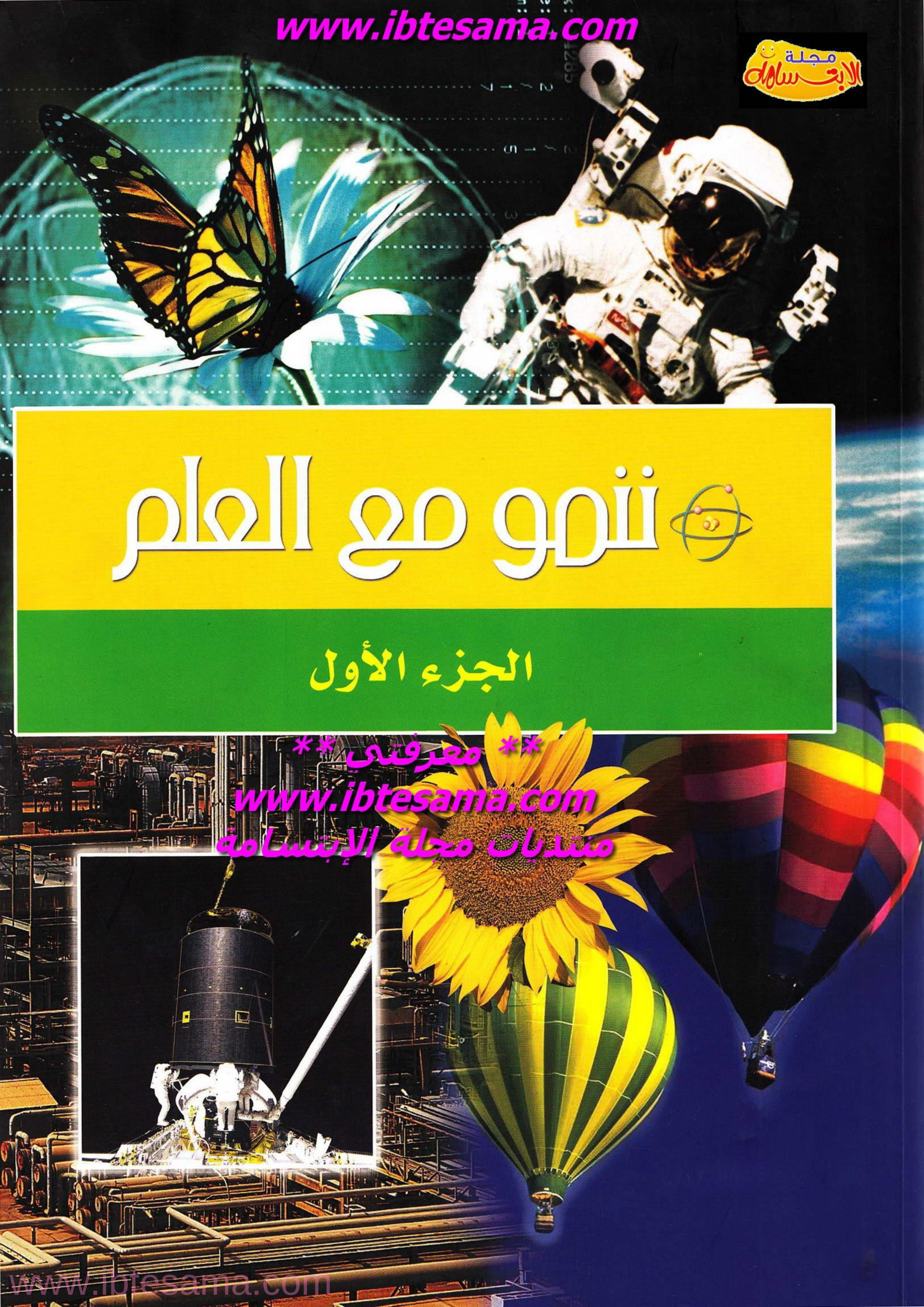
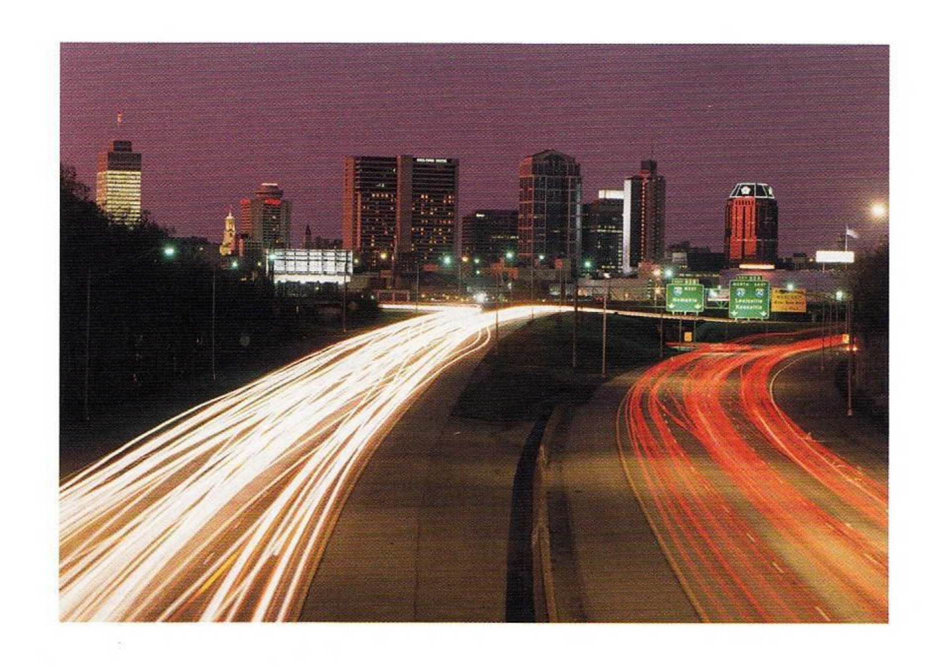

مجلة الابتسامة
نمو مع العلم
الجزء الأول





الأذن والسمع - تكنولوجيا النانو

الطبعة العربية:

© دار الياس العصرية للطباعة والنشر ٢٠٠٧
١ شارع كنيسة الروم الكاثوليك. الظاهر. القاهرة. ج.م.ع.
ت: ٢٥٩٣٩٥٤٤ – ٢٥٩٠٣٧٥٦ (٢٠٢)
فاكس: ٢٥٨٨٠٠٩١ (٢٠٢)

www.eliaspublishing.com

ترجمة:
دار الياس العصرية للطباعة والنشر
د. حسن أبو بكر
سحر توفيق
د. عبد المقصود عبد الكريم
د. محمود خيال

رقم الإيداع بدار الكتب: ١٧٨٢٥ / ٢٠٠٧
الترقيم الدولى: ٧ – ٢٨٤ – ٣٠٤ – ٩٧٧

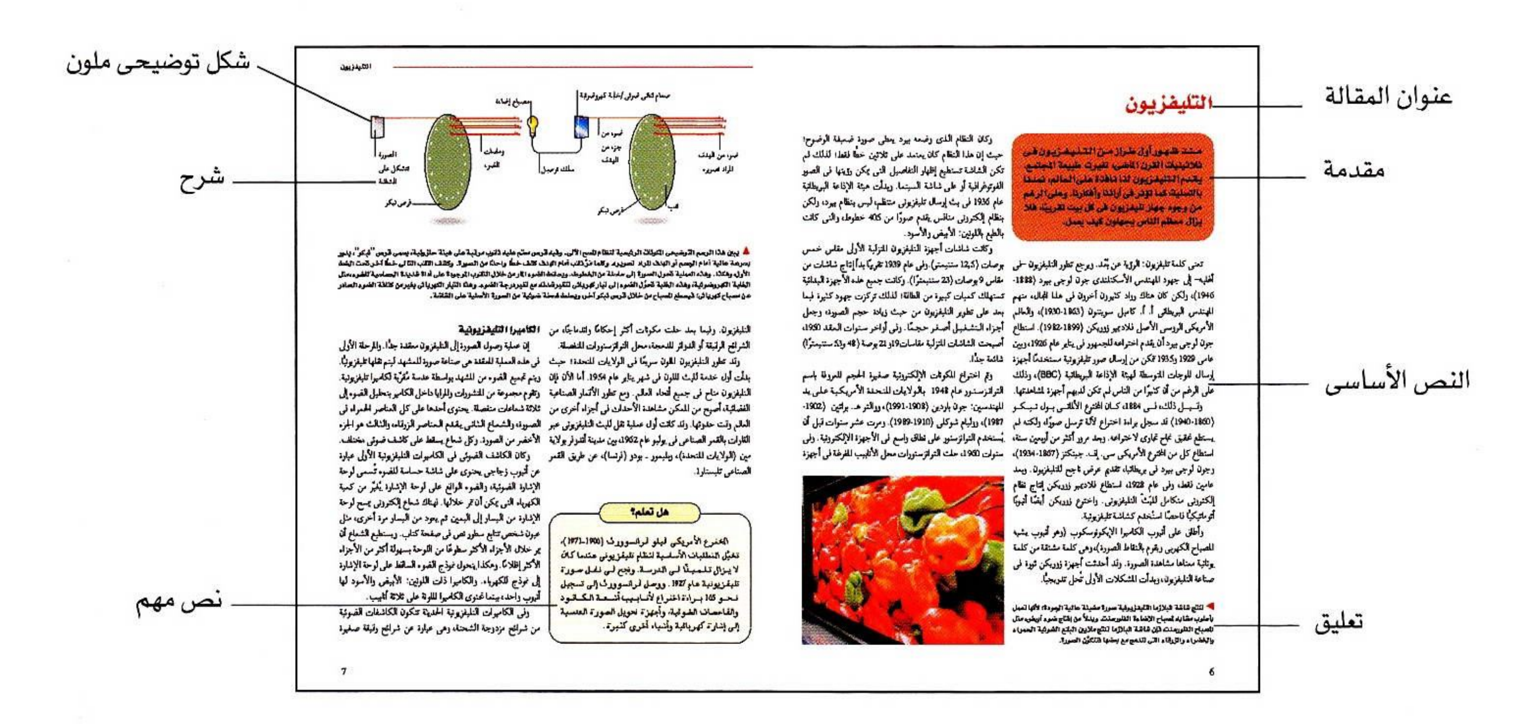
مقدمة

لا يتوقف التقدم فى العلوم والتكنولوجيا عن إثراء المعرفة البشرية، وجعل الحياة أسهل كثيرًا عن ذى قبل. والتقدم المعاصر يغير كل شىء حولنا، بدءًا من الطعام الذى نأكله والبيوت التى نعيش فيها، إلى فهم كيف نُصاب بالأمراض وكيف يمكن أن تفيدنا الأدوية. ويتيح العلم للناس الاتصال ببعضهم البعض عبر مسافات شاسعة، ويقدم وسائل مدهشة للسفر حول العالم، بل وإلى الفضاء الخارجى.

ومعظم الناس لا يعرفون إلا القليل عن مبادئ العلم والتكنولوجيا التى تشكِّل حياتنا. يقدم كتاب «ننمو مع العلم» القصة الساحرة للتحدى العلمى والتكنولوجى حتى القرن الحادى والعشرين. وتقدِّم هذه المجموعة المرجعية الشاملة تغطية عميقة لمبادئ، وعمليات، وأنظمة علوم الأرض والحياة والطبيعة، وعلوم الفضاء، بالإضافة إلى العلوم التطبيقية والتكنولوجيا. إن تاريخ العلوم والاختراعات أساسى فى التجربة التعليمية. سوف نستطلع كيف تعمل الجاذبية. وما هى العمليات الجيولوجية التى تشكِّل كوكبنا والقوانين التى تحكم دوران الكواكب حول الشمس. ونتعرف على عالم الطبيعة الذى يعُجُّ بالحياة الميكروسكوبية ولكن يبدو وكأن الإنسان يهيمن عليه. سوف نعرف عن الموازين والمقاييس، ونستكشف عالمًا من الآلات والتقنيات الصناعية والاختراعات التى أخرجت الإنسانية من الحياة فى الكهوف إلى السفر فى الفضاء. كل شىء من أصل العجلة، آلة الطباعة، البذلة الفضائية، والكمبيوتر.

وسوف يستمر العلم فى تغيير العالم الذى نعيش فيه. وعلى جيل الغد أن يبدأ التعلم من اليوم ليكون مستعدًّا لاحتلال مكانه فى عالم المستقبل.

كيف تستخدم مجلدات ننمو مع العلم



هذه الصفحة تشرح كيف تستخدم مجلدات كتاب «ننمو مع العلم» وتتضمن هذه المجموعة المرجعية أكثر من مائة مقالة مرتبة أبجديًا من مجلد رقم 1 إلى مجلد رقم 4. والمقالات مقسمة إلى خمس فئات لكل فئة لون يميزها: علوم الأرض، والفضاء، والبيئة؛ علوم الحياة والطب؛ الرياضيات؛ الفيزياء والكيمياء؛ التكنولوجيا. ويبدأ كل مجلد بقائمة محتويات تدل القارئ على موضوعات المجلد، كما نجد فى المجلد الأول قائمة شاملة لموضوعات المجموعة كلها.

وكل مقالة فى هذه المجموعة من المجلدات مزودة بصور ورسوم ملونة مصحوبة بتعليقات تفسيرية. والصفحة الأولى تتضمن عنوان الموضوع ومقدمة له. وفى كل المقالات، سوف تجد إطارات تحت عنوان «هل تعلم؟» تضيف معلومات أكثر تفصيلاً حول موضوعات ذات أهمية خاصة.

علوم الأرض، والفضاء، والبيئة

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الأرض، والتربة، والتجوية، والفلك.

علوم الحياة والطب

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الحواس، والأمراض، وتشريح الإنسان، وعلم الوراثة.

الرياضيات

من موضوعات هذه الفئة الموازين والمقاييس والجبر.

الفيزياء والكيمياء

من موضوعات هذه الفئة: الكتلة والوزن، والكيمياء، والكيمياء الحيوية، والنسبية.

التكنولوجيا

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الاندماج النووى، الكمبيوتر، المحرك البخارى، التصوير الضوئى، والاتصالات عن بُعد.

المحتويات

الجزء الأول

الجزء الثانى

الجزء الثالث

الجزء الرابع

المحتويات حسب الفئة

مفتاح الألوان المستخدم فى المقالات:

- علوم الأرض والفضاء والبيئة
- علوم الحياة والطب
- الرياضيات
- الفيزياء والكيمياء
- التكنولوجيا

تم تقسيم القائمة التالية للمحتويات حسب الفئات، ويمكن استخدامها للبحث عن موضوعات من نوع معين تهم القارئ. والمقالات فى هذا الكتاب مقسمة إلى خمس فئات لكل فئة لون يميزها، وهى موضحة أعلاه. واسم الموضوع يليه رقم المجلد، ثم فاصلة، ثم رقم الصفحة الأولى من كل مقال.

الأذن والسمع

الأذن عضو معقد وحساس جدًّا، مسئول عن حاسة السمع والتوازن فى الإنسان، ونطلق عادة كلمة أذن على الأذن الخارجية، التى تلتقط الأصوات. والأذن الوسطى تُكَبِّر الأصوات، أما الأذن الداخلية، فتبعث بالرسائل إلى المخ.

الأذن عضو يستقبل الصوت ويستجيب له. ويحدث الصوت نتيجة اضطرابات دقيقة جدًّا (اهتزازات) فى الهواء. وحركة الهواء التى تنتقل من مصدر الصوت إلى الأذن يُطلق عليها «الموجات الصوتية». وإذا كان شخص يسبح تحت الماء، فهو يظل قادرًا على سماع الأصوات؛ لأن الموجات الصوتية تنتقل أيضًا فى الماء.

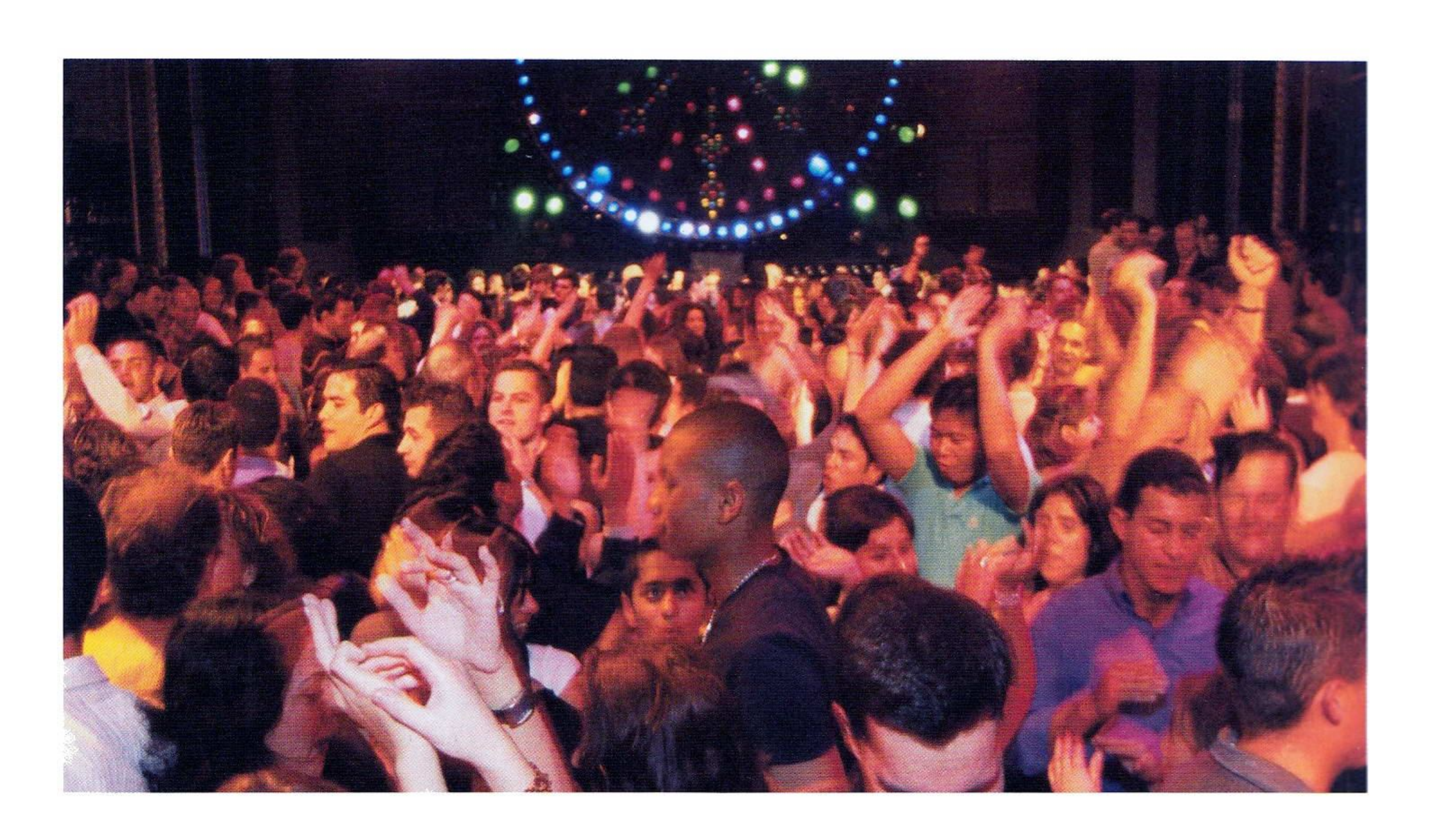
▼ الموسيقى فى أماكن كثيرة يمكن أن تكون عالية بما يكفى لإحداث إصابة مستديمة للسمع، إصابة لا يمكن علاجها. وتشير التقديرات الأخيرة إلى إصابة شخص واحد من كل خمسة أشخاص تعرض سمعهم لخطر الاستماع إلى الموسيقى الصاخبة.

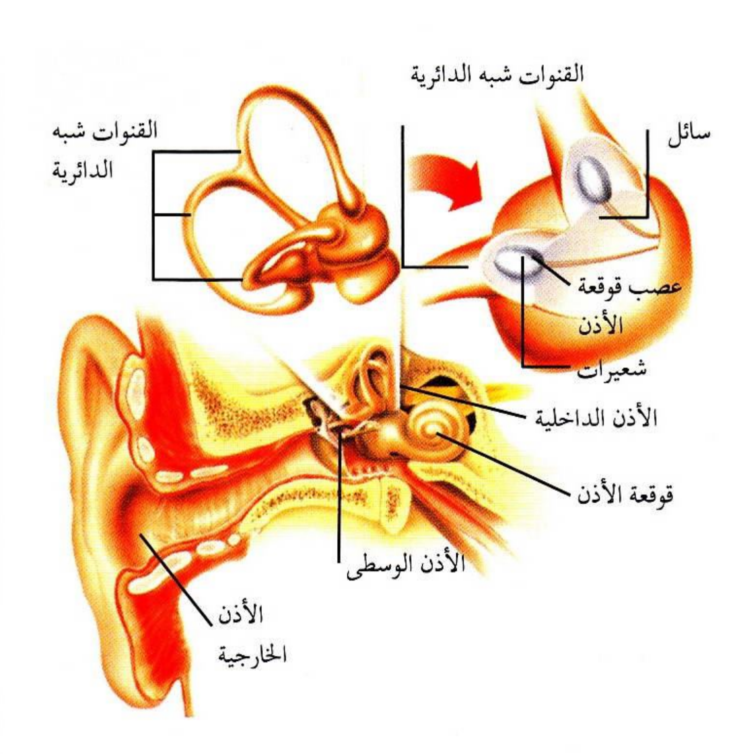
ولا يمكن للصوت أن ينتقل فى الفضاء الخارجى؛ حيث لا توجد هناك جزيئات يمكن أن تحمل الموجات الصوتية. وعندما يقوم رائد الفضاء بالسير (أو بالسباحة) فى الفضاء، يكون بحاجة إلى نظام اتصال لاسلكى ليتحدث مع باقى أعضاء الطاقم.

وتلتقط الأذن الأصوات، حتى الضعيفة منها، وتقوم أيضًا بتحليلها، وهى شديدة الحساسية لالتقاط التغيرات الطفيفة جدًّا فى شدة الصوت فى وقت وصوله إليها. وهذه القدرة تساعد الناس على تحديد مصدر الصوت والاستماع أيضًا إلى أصوات معينة، بينما يتجاهلون أصواتًا أخرى.

تركيب الأذن

تنقسم الأذن البشرية إلى ثلاثة أجزاء رئيسية، الأذن الخارجية، والأذن الوسطى، والأذن الداخلية. وتتكون الأذن الخارجية من صيوان الأذن الموجود على كل جانب من جانبى الرأس، وتُسمى حيوان الأذن، وممر عظمى يُسمى قناة الأذن، تؤدى إلى طبلة الأذن. كما توجد مادة شمعية غير مرئية على جدران القناة السمعية، دورها





▲ تزود الأذن الناس بحاسة السمع وبالتوازن. الأذن الخارجية تستقبل الاهتزازات الصوتية من العالم الخارجي. وتقوم الأذن الوسطى بتكبير تلك الاهتزازات، ثم تنتقل بواسطة الأذن الداخلية إلى المخ من خلال عصب القوقعة السمعية. ويتحقق التوازن من خلال تركيب يُسمى القنوات شبه الدائرية. وعندما يتحرك الجسم يؤدى السائل الموجود فى تلك القنوات إلى انحناء شعيرات دقيقة. وتقوم الأعصاب التى تتصل بتلك الشعيرات بتنبيه المخ لإحداث توازن الجسد.

حماية البشرة الداخلية من الجفاف والتشقق، والتقاط الأتربة والجراثيم لتمنع وصولها إلى داخل الأذن. ولكن زيادة إفراز هذه المادة الشمعية يمكن أن تسبب بعض المشكلات، مثل آلام الأذن، والصمم، والطنين (الوش فى الأذن).

وخلف طبلة الأذن، داخل الرأس، توجد الأذن الوسطى. وهى امتداد للقناة السمعية. وتحتوى على ثلاث عظيمات صغيرة وهى

هل تعلم؟

الجنود الذين يمشون بخطوة منتظمة عادة ما يتوقفون ويسيرون بخطى عادية عند عبور أحد الجسور. وهم يفعلون ذلك لأن الخطوة المنتظمة ينتج عن صوتها ترددات منتظمة تؤدى إلى حدوث رنين قوى، وهذا الرنين قد يؤدى إلى اهتزاز الجسر بقوة قد تصل إلى تدميره.



▲ سماعة الرأس هى مكبر صوت صغير به سماعتان متصلتان توضعان على الأذنين. ويلجأ الناس لاستخدام سماعة الرأس عندما يريدون الاستماع إلى الموسيقى دون إزعاج الآخرين، أو عندما تكون الأصوات المحيطة عالية.

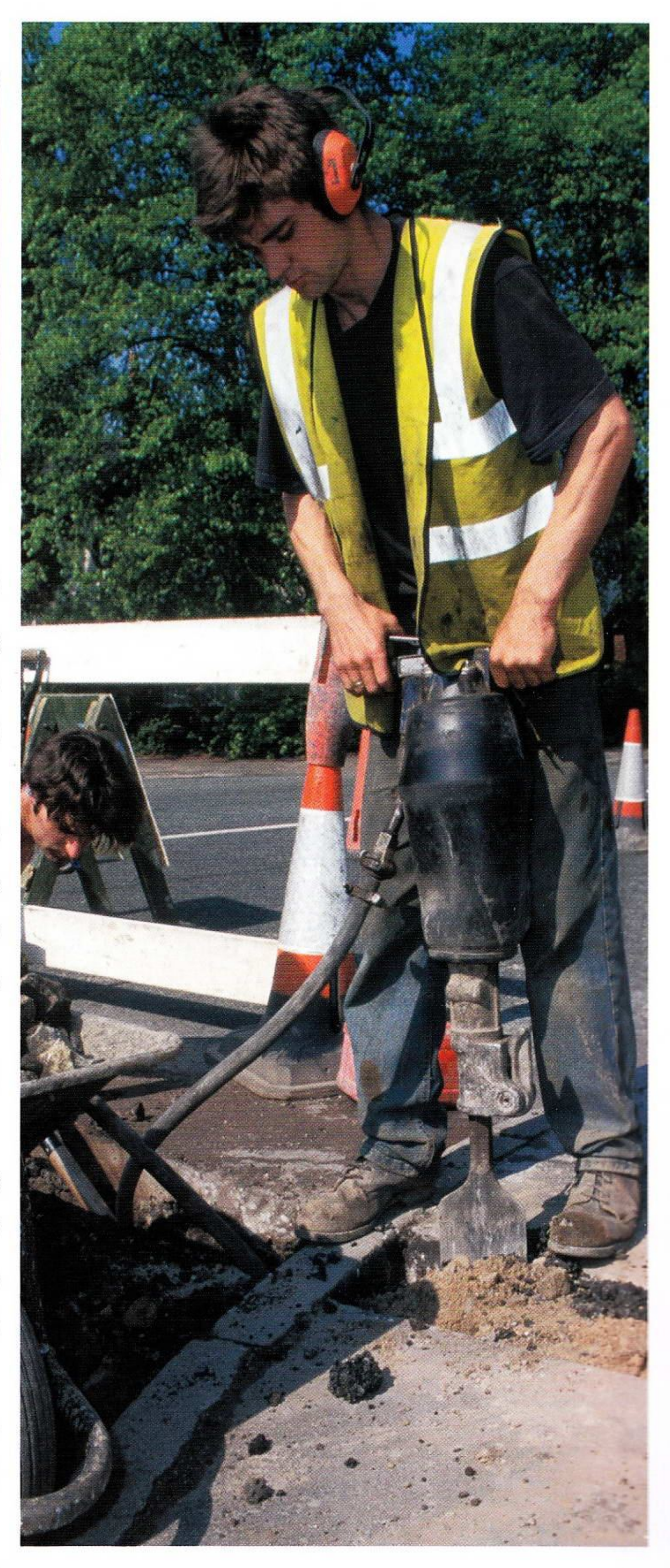
(الركاب-المطرقة-السندان). وتتصل عظمة الركاب بالأذن الداخلية، وتتصل المطرقة بطبلة الأذن، أما السندان فيتصل بعظيمة الركاب والمطرقة.

ويخرج من الأذن الوسطى أنبوب ضيق يسمى القناة السمعية (قناة إستاكيوس) تصل الأذن بالبلعوم. وتعمل القناة السمعية على معادلة الضغط الواقع على جانبى طبلة الأذن. وعندما يطير الإنسان بطائرة، يحدث انسداد داخل الأذن نتيجة الحركات الصغيرة لطبلة الأذن الناتجة عن حدوث تغيرات فى الضغط الجوى.

وفى العمق، داخل الرأس، توجد الأذن الداخلية، والتى تمتلئ بسائل يُسمى السائل التيهى. وتحتوى الأذن الداخلية على قنوات تسمى القنوات الهلالية، وهى جهاز التوازن. وتتصل كل منها بالأخرى بزاوية قائمة، كما تحتوى على القوقعة، وهى حلزونية الشكل ويوجد بداخلها خلايا حسية تتصل بالمخ عن طريق العصب السمعى.

كيف نسمع؟

عندما تصل الموجات الصوتية إلى الأذن، يتم التقاطها بواسطة صيوان الأذن إلى داخل القناة السمعية، فيمر خلالها إلى طبلة الأذن المشدودة بإحكام مثل رقيقة الطبلة الموسيقية، وعندما تصطدم يهتز غشاء الطبلة للخلف والأمام، فتهتز بالتالى عظيمات



▲ الصورة لعامل يرتدى واقيات لحماية أذنه من صوت الحفار الذى يعمل بالهواء المضغوط. وهذه النوعية من الأجهزة يمكن أن تحدث أصواتًا درجاتها أعلى من 100 ديسيبل، وعند هذا المستوى يمكن للأصوات أن تتسبب فى إصابة مستديمة للجهاز السمعى.

هل تعلم؟

يُقاس مدى ارتفاع الأصوات بمقياس مدرج على أساس وحدات تسمى الديسيبل (decibels). والحد الأدنى لهذا المقياس هو "صفر" ديسيبل، وهو أضعف صوت يمكن أن تسمعه الأذن البشرية. وليس هناك حد أقصى لهذا المقياس، ولكننا لا نستطيع سماع أصوات تزيد درجتها عن 100 ديسيبل من دون الشعور بألم فى الأذن. والأصوات العالية جدًّا، مثل أصوات الانفجارات، يمكن أن تعرّض طبلة الأذن للانفجار.

الأذن الوسطى (العظيمات الثلاث)، فيتحرك السائل التيهى، مما يحث الخلايا الحسية، فترسل رسائل على هيئة نبضات كهربائية عبر العصب السمعى إلى المخ. ويصل عصب القوقعة إلى جزء من المخ يُسمى بمركز السمع، أو مركز الأصوات.

ويسمع الناس ويميزون الفرق بين الأصوات ذات الطبقة العالية والأصوات ذات الطبقة المنخفضة، لأنها تؤثر على أجزاء مختلفة من غشاء الكوة البيضية. فالأصوات ذات الطبقة العالية تسبب اهتزازات على قاعدة القوقعة، والأصوات الأكثر انخفاضًا من حيث الطبقة، أو الأعمق، تسبب اهتزازات أبعد بطول القوقعة.

الأذن والتوازن

يتطلب الاحتفاظ بانتصاب الجسم وثباته تحكمًا عضليًا دقيقًا. ويعمل الجهاز العصبى، مع جزء من المخ يسمى المخيخ، على تحقيق التوازن. وتصل رسائل حاملة معلومات عن وضع الجسم من ثلاثة مصادر - المفاصل، والعينين، والقنوات الهلالية للأذن الداخلية - وهذه الرسائل تتم معالجتها فى المخيخ.

ويؤدى التهاب الأذن الداخلية غالبًا إلى حدوث خلل فى كل من السمع والتوازن، وعندما تختل ميكانيكية التوازن، يشعر الإنسان بدوخة، وربما يسقط على الأرض.

فى معظم الحالات تحدث الدوخة من دوران الشخص حول نفسه بسرعة شديدة؛ حيث يؤدى هذا الدوران إلى حركة السائل التيهى، الذى يستمر فى الحركة حتى بعد أن يتوقف الشخص عن الدوران. ويستطيع المتزحلق على الجليد أن يتجنب حدوث ذلك بأن يلف رأسه فى حركة واحدة مفاجئة بدلاً من لفها مع الجسم.

الأرض

الأرض هى الكوكب الثالث من كواكب المجموعة الشمسية حسب ترتيب بعدها عن الشمس. وهو الكوكب الخامس من ناحية الحجم، وله تابع طبيعى واحد هو القمر. وإذا نظرنا إلى الأرض من الفضاء، نجدها مغطاة بالسحب وبمساحات واسعة من المحيطات الزرقاء. ويبدو الغطاء الثلجى عند القطبيْن ساطع البياض، أما الأرض الصلبة فتظهر بلون بنى مخضرّ فاتح.

يعتقد أغلب الناس أن الأرض كروية تمامًا، لكنها -فى الواقع- مسطحة قليلاً عند القطبين. وإذا تم تصغير الأرض إلى حجم كرة السلة، فمن المستحيل ملاحظة هذا التسطيح. وحول هذه الأرض الصغيرة بحجم كرة السلة، سيكون الغلاف الجوى مجرد شريحة رقيقة لا تزيد عن 0.3 من السنتيمتر. أما الجزء الذى يتنفسه الناس من هذا الغلاف الجوى، فلن يكون أكثر من مجرد طبقة من اللون لا يزيد سُمكها عن 0.001 من السنتيمتر. وستكون قمة إفرست بذات الارتفاع تقريبًا، بينما ستبدو أعمق قيعان المحيطات مجرد خدوش عمقها حوالى 0.002 من السنتيمتر.

كم عمر الأرض؟

كان الناس فى وقت ما يظنون أن الأرض حديثة التكوين. فى سنوات 1600، استنتج الأيرلندى جيمس أوشر (1581-1656) أن الأرض خُلقت فى عام 4004 ق.م. وبمرور الوقت، ظهرت طرق أكثر دقة لحساب عمر صخور الأرض. وأقدم صخور وُجدت حتى الآن يزيد عمرها على 3.7 مليار سنة. والمجموعة الشمسية أقدم من ذلك. وهناك نيازك يرجع عمرها إلى 4.5 مليار سنة. ويعتقد معظم العلماء حاليًا أن عُمر الأرض حوالى 4.6 مليار عام.

فى بداية تشكلها، كانت الأرض عبارة عن كرة ملتهبة مغطاة بصخور ذائبة. وتدفقت الصخور الذائبة من البراكين لتكون طبقة رقيقة. وببطء شديد، أخذت هذه الطبقة تبرد وتتشقق. وانبعثت من الصخور غازات سامة، لتشكل غلافًا جويًا. وخرج بخار الماء أيضًا من الصخور. وتكونت السحب لأول مرة، وهطلت أمطار جارفة من السماوات. واستمرت هذه الأمطار الغزيرة لملايين السنين، وتجمعت المياه لتتكون منها المحيطات.

وقد ظهرت أول بوادر الحياة فى تلك المحيطات المبكرة، وكانت عبارة عن نباتات بدائية. وبينما أخذت النباتات تتطور وترتقى على مدى ملايين السنين، فإنها أنتجت المزيد والمزيد من الأكسجين. وهكذا أصبح الغلاف الجوى للأرض بصفاته التى نعرفها اليوم.

داخل الأرض

فى هذا الجحيم المضطرب الذى كانت عليه الأرض الوليدة، أخذت المواد الثقيلة تغوص إلى الأعماق. وكانت معظم هذه المواد الثقيلة من المعادن، خاصة الحديد وبعض النيكل. أما المواد الأخف وزنًا، خاصة المعادن السليكية (الصخور التى تحتوى على عناصر السليكون والأكسجين)، فقد بقيت

◀ هذه صورة لكوكب الأرض كما يظهر من الفضاء الخارجى، وتغطى المياه أكثر من 70 فى المائة من سطح الأرض.



▲ تكوَّن بخار الماء أثناء نشأة الأرض؛ فتسبب فى أمطار غزيرة ملأت المحيطات. هذه المياه، بالإضافة إلى بعد المسافة بين الأرض والشمس، خلقا مناخًا فريدًا مثاليًا للحياة.

على سطح الأرض. وعلى مدى ملايين السنين، بردت الطبقة الخارجية من الأرض تمامًا، وأصبحت قشرة صلبة.

والقشرة الأرضية أكثر سُمكًا تحت القارات؛ حيث يصل سُمْكها إلى حوالى 35 كيلومترًا. أما تحت المحيطات فهى أقل سُمْكًا بكثير؛ إذ لا يزيد سُمكها عن 6 كيلومترات. وهى ليست طبقة واحدة متكاملة، لكنها تنقسم إلى عدة شرائح.

ترقد القشرة الخارجية للأرض على طبقة صخرية تسمى الوشاح أو الدثار. ويصل سُمك هذه الطبقة إلى حوالى 2900 كيلومتر، وتنقسم إلى وشاح خارجى ووشاح داخلى. ولأن الضغط والحرارة يزدادان كلما تعمقنا داخل الأرض، فإن الغلاف الداخلى يتصف ببعض الذوبان.

والطبقة الخارجية المعدنية من لُب الأرض ذائبة تمامًا. ويصل سُمكها إلى حوالى ألفين من الكيلومترات. أما النواة الداخلية فهى صلبة، ويصل قطرها إلى حوالى 2740 كيلومترًا.

وقد اكتشف الجيولوجيون البنية الداخلية للأرض بدراسة حركة الموجات السيزمية (الزلزالية) فى الكوكب. وتغير موجات الزلازل من سرعتها وهى تتحرك داخل الطبقات المختلفة.

هل تعلم؟

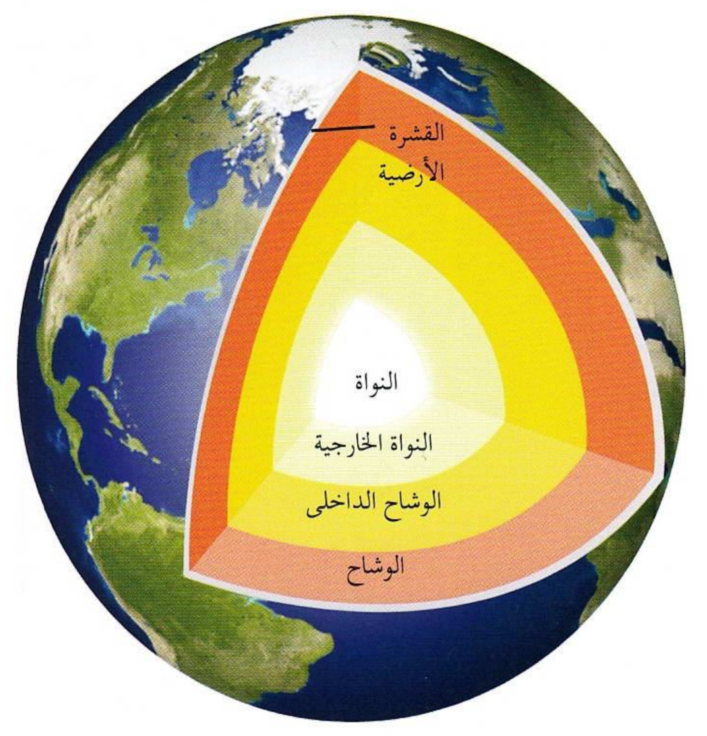
الأرض كوكب يجمع الكثير من المتناقضات، ويمكن أن نصورها بالأمثلة التالية:

- سُجلت أقل درجة حرارة على كوكب الأرض عام 1960، فى فوسكوك بالقارة القطبية الجنوبية، وكانت -88.3 درجة مئوية.
- سُجلت أقصى درجة حرارة فى العزيزية بليبيا، عام 1922، وكانت 57.7 درجة مئوية.
- أشد مناطق الأرض جفافًا على الأرض، هى أريكا فى تشيلى. وهى لا تحظى إلا بمعدل 0.076 سنتيمتر من مياه الأمطار كل عام.
- أعلى معدل لسقوط الأمطار سنويًا فى جبل واياليل، بهاواى، والذى يسجل 1168 سنتيمترًا.

الألواح القارية

يتيح الغلاف للألواح القارية للأرض أن تتحرك. هذه الألواح فى حالة حركة مستمرة، ولكن ببطء شديد. وهناك صخور تضاف إلى الألواح فى بعض الأماكن دائمًا؛ مما يدفع الألواح بعيدًا عن بعضها البعض. وعندما يلتقى لوحان، قد ينضغط أحدهما تحت الآخر. وهذه الحركة عنيفة، وتنتج عنها تصادمات عنيفة مفاجئة؛ مما قد يتسبب فى حدوث زلازل.

ظل انتقال القارات التدريجى يحدث باستمرار طوال تاريخ الأرض. ومن المعتقد أنه منذ 170 مليون سنة، لم تكن هناك إلا كتلة واحدة هائلة من اليابسة، تسمى بانجيا. وعلى مدى ملايين السنين، بدأت بانجيا تنقسم ببطء إلى القارات المعروفة اليوم. وأخذت الألواح القارية تنجرف مبتعدة عن بعضها البعض؛ مما نتجت عنه قارات الأرض الموجودة حاليًّا.



▲ **تتكون الأرض من ثلاث طبقات وهى: القشرة والوشاح ولبُ الأرض، وهذه الطبقات تحيط بقلب معدنى شديد السخونة، وتصل حرارته إلى 5700 درجة مئوية. والطبقة الصلبة الخارجية رقيقة جدًا، وتتحرك ببطء فوق الغلاف الأساسى تحتها.**

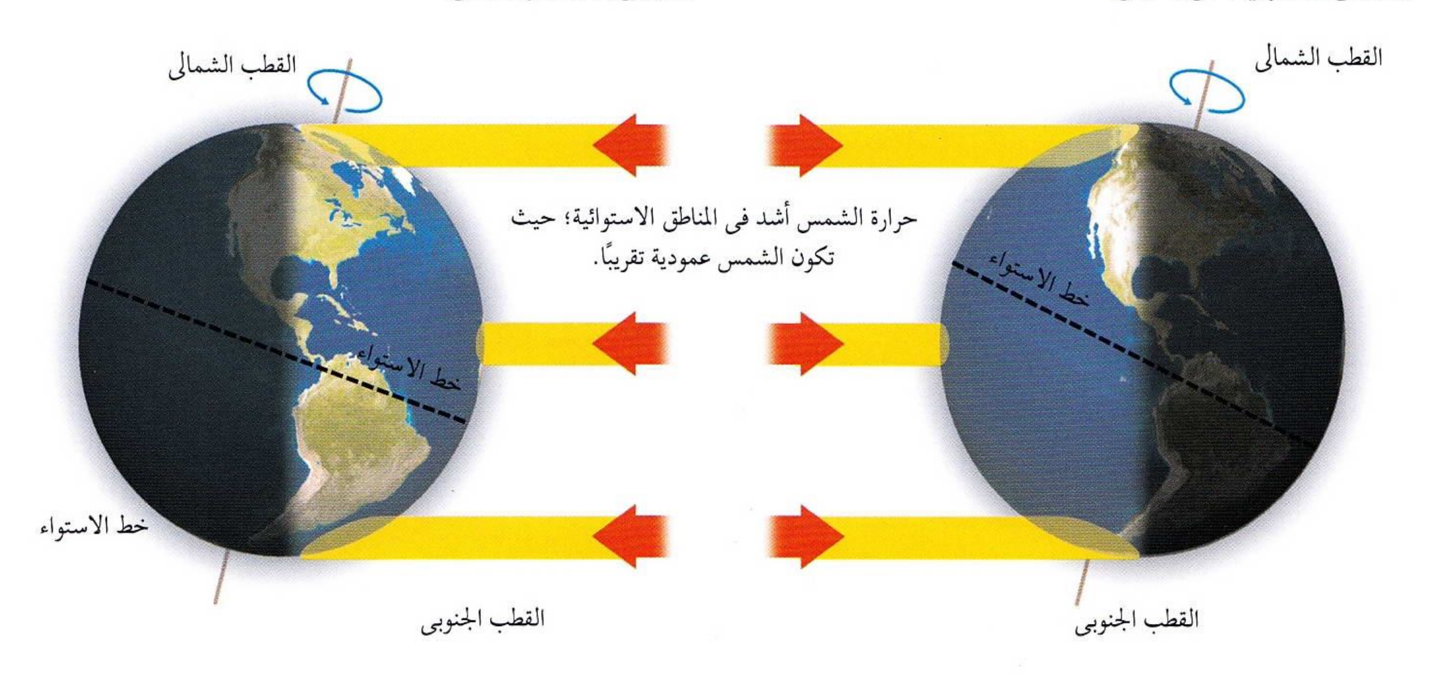
▼ **هذا المشهد لصحراء أمريكا الشمالية مثال على التنوع الشديد الذى يتميز به سطح الأرض، والذى يعتمد على عوامل مثل المناخ وعوامل التعرية.**

كيف تتحرك الأرض؟

تتحرك الأرض بطريقة معقدة جدًا، لكن لها ثلاث حركات رئيسية. إحدى هذه الحركات هى دوران الأرض حول محورها. والمحور هو خط مستقيم بين القطبيْن: الشمالى والجنوبى، مرورًا بمركز الكوكب. وهذه الحركة تستغرق 24 ساعة، وهى السبب فى

الشتاء الشمالى والصيف الجنوبى يحدثان عندما يكون نصف الكرة الشمالى مائلاً بعيدًا عن الشمس.

الصيف الشمالى والشتاء الجنوبى يحدثان عندما يكون نصف الكرة الشمالى مائلاً نحو الشمس.



▲تميل الأرض بزاوية قدرها 23.5 درجة من الوضع العمودى بالنسبة إلى الشمس. ونتيجة لذلك؛ يختلف طول اليوم، ومن ثم، كمية الطاقة التى تصل إلى أجزاء مختلفة من الأرض. وأثناء دوران الأرض فى فلك الشمس، يتسبب ميل الأرض فى حدوث الفصول الأربعة.

▼تتلون الأشجار بلون متميز فى الخريف. وهو الفصل الانتقالى بين الصيف والشتاء. وتمر المناطق الواقعة بين المنطقة القطبية والدائرتيْن القطبيتيْن بأربعة فصول. أما بالقرب من خط الاستواء والقطبين، فإن الفروق بين الفصول أقل.

هل تعلم؟

فيما يلى بعض الحقائق والأرقام المهمة عن الأرض:
- القطر الاستوائى: 12757 كيلومترًا.
- القطر القطبى: 12714 كيلومترًا.
- المحيط الاستوائى: 40075 كيلومترًا.
- المحيط القطبى: 40007 كيلومترًا.
- المسافة من الشمس: 149,600,000 كيلومترات.
- تكمل الأرض دورة حول محورها فى 23 ساعة، و56 دقيقة و4 ثوانٍ.
- سرعة الأرض فى دورانها حول الشمس: 29.8 كيلومتر فى الثانية.
- تكمل الأرض دورة حول الشمس فى 365 يومًا، و6 ساعات، و9 دقائق، و10 ثوانٍ.

حدوث الليل والنهار. تدور الأرض أيضًا حول الشمس مع الكواكب الأخرى. وتستغرق فى هذه الدورة سنة واحدة، أو بدقة أكثر 365 يومًا، و6 ساعات، و9 دقائق، و10 ثوانٍ مما يكون السنه الكبيسة 366 يومًا كل أربع سنوات. وتتحرك الأرض حول الشمس بسرعة 29.8 كيلومتر فى الثانية. أما الحركة الثالثة، فهى حركة الأرض مع الشمس وكواكب المجموعة الشمسية كلها داخل المجرة، التى تسمى مجرة درب اللبانة أو (الطريق اللبنى).

تدور الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق. وهذه الحركة تجعل الشمس والقمر والنجوم تبدو وكأنها تسير فى السماء من الشرق إلى الغرب. ومحور دوران الأرض مائل، ومن ثم فإن القطب الشمالى يشير دائمًا إلى منطقة فى السماء قريبة من النجم القطبى. وهذا الميل الدائم لمحور الأرض، هو الذى يسبب فصول السنة. فعند دوران الأرض حول الشمس، يكون أحد القطبين مائلاً ناحيتها لفترة، فيزداد تعامد الشمس عليها ثم الآخر لفترة تالية. ومعنى ذلك أنه عندما يكون نصف الكرة الشمالى فى فصل الصيف، فإن نصف الكرة الجنوبى يكون فى فصل الشتاء، والعكس صحيح.

حرارة الشمس

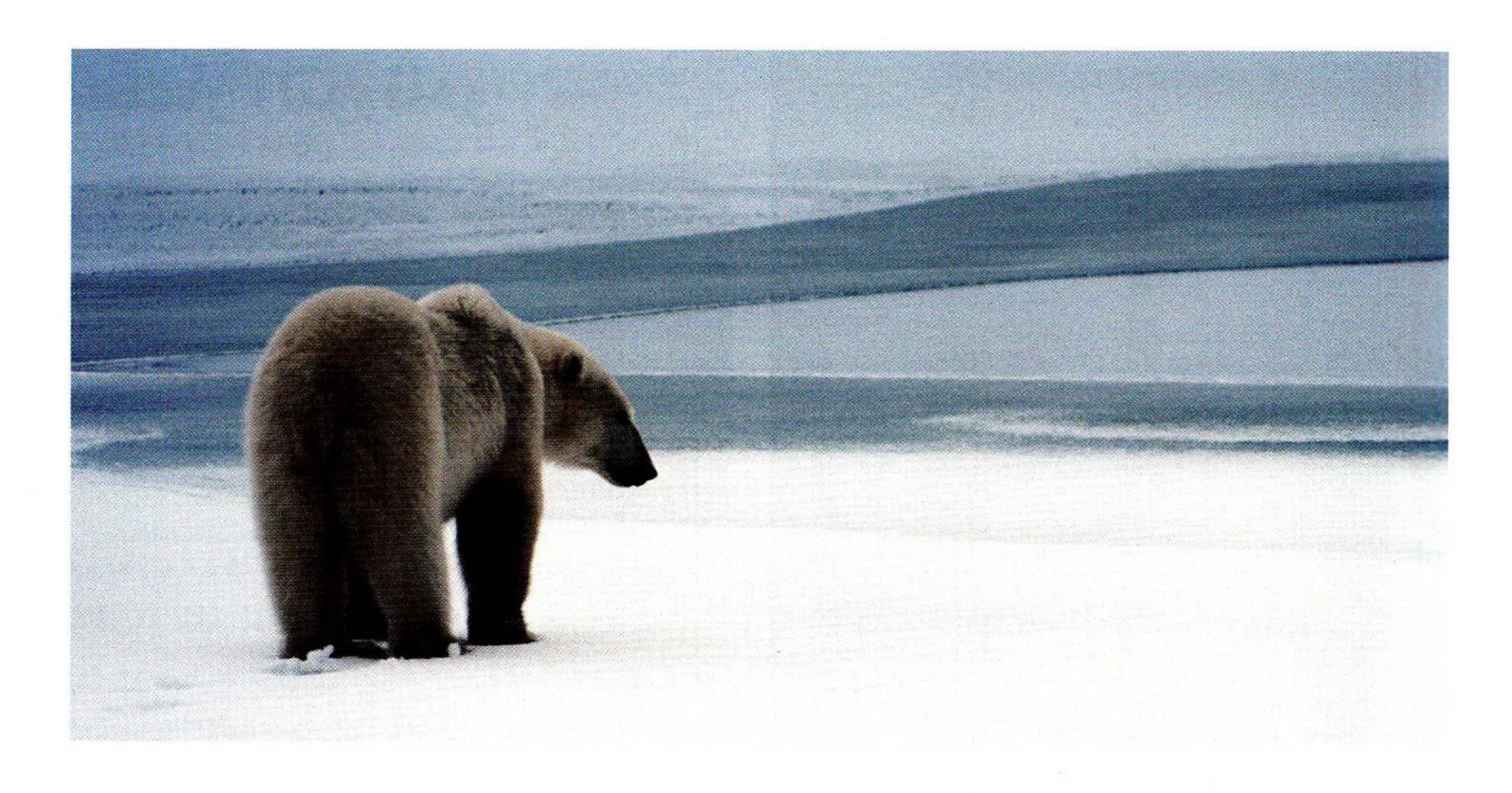
تعتمد الحياة على الأرض على حرارة الشمس. لكن درجات الحرارة تختلف كثيرًا؛ لأن كمية الطاقة التى تصل من الشمس تختلف من مكان إلى آخر. والأرض كروية تقريبًا، ومن ثم، فإن أشعة الشمس تنتشر فى مناطق القطبيْن: الشمالى والجنوبى على مساحة أوسع كثيرًا مما هى عند خط الاستواء. (خط الاستواء هو خط وهمى حول الأرض فى منتصف المسافة تمامًا بين القطبيْن. وهو يقسم الأرض إلى نصفيْن). عند خط الاستواء، تضرب أشعة الشمس الغلاف الجوى بزاوية عمودية تقريبًا. وكلما اتجهنا نحو القطبين، وصلت الأشعة إلى الغلاف الجوى بزاوية تزداد انفراجًا. ولهذا فإن أشعة الشمس بالقرب من القطبين تكون قد مرت بمسافة أكبر داخل الغلاف الجوى قبل أن تبلغ الأرض، ويمتص الغلاف الجوى كمية من الطاقة أكثر مما يحدث عند خط الاستواء. وارتفاع تركيز أشعة الشمس عند خط الاستواء؛ يجعل المناطق الاستوائية أكثر المناطق حرارة على الأرض.

وطول كل من النهار والليل أيضًا من الأسباب المهمة التى تعتمد عليها كمية الطاقة الشمسية التى تصل إلى الأرض. فى 23 من سبتمبر و21 من مارس، يكون طول النهار والليل متساوييْن فى العالم كله، حيث يكون كل منهما 12 ساعة. ويُسمى هذان اليومان بالاعتداليْن. بعد 21 مارس فى نصف الكرة الشمالى، وبعد 23 من سبتمبر فى نصف الكرة الجنوبى، يطول النهار ويقصر الليل. وطول النهار يعنى المزيد من أشعة الشمس فى المناطق شمال وجنوب خط الاستواء. وهذا يساعد على توازن فقدان الطاقة، الذى ينتج عن امتصاص الغلاف الجوى للأشعة.

السنة الشمسية

يميل محور الأرض بزاوية قدرها 23.5 درجة عن زاوية التعامد مع الشمس. وهذا يجعل النصف الشمالى متجهًا ناحية الشمس نصف العام؛ فتصله كمية من ضوء الشمس أكثر من النصف الجنوبى. وفى باقى السنة، يكون النصف الجنوبى متجهًا ناحية الشمس، بينما يكون النصف الشمالى متجهًا بعيدًا عنها.

وأحد تأثيرات ميل الأرض، أن القطبيْن: الشمالى والجنوبى يمران بستة أشهر من النهار المستمر لا تغرب الشمس فيها أبدًا، وستة أشهر من الظلام الدائم. بالإضافة إلى أن كل مكان فى شمال الدائرة القطبية الشمالية (خط عرض 66 درجة، و33 جزءًا من الدرجة شمالاً) وجنوب الدائرة القطبية الجنوبية (66 درجة و33 جزءًا من الدرجة جنوبًا) هناك يوم واحد على الأقل يكون نهارًا مستمرًا. ويرتفع الرقم كلما اقتربنا من القطبيْن. وهذه



▲ **القطبان هما أكثر الأماكن برودة على وجه الأرض؛ بسبب ميل محور الأرض. هذه المناطق تصل إليها أقل كمية من طاقة الشمس، والشتاء فيها طويل ومظلم وشديد البرودة.**

المناطق فى شمال وجنوب نصفى الكرة تسمى أراضى شمس منتصف الليل. وتحسب خطوط العرض بداية من خط الاستواء (ودرجته صفر) إلى القطبيْن (90 درجة شمالاً، و90 درجة جنوبًا).

ويصل ميل النصف الشمالى نحو الشمس إلى أقصاه فى 21 من يونيو. ويسمى الفلكيون هذا اليوم بالانقلاب الصيفى فى النصف الشمالى، والانقلاب الشتوى فى النصف الجنوبى. فى هذا اليوم، تكون الشمس متعامدة على مدار السرطان (وهو خط عرض وهمى عند 23 درجة و27 جزءًا من الدرجة شمالاً). وبعد 21 من يونيو، تستمر الأرض فى رحلتها ويبدأ النصف الشمالى يميل بعيدًا عن الشمس. وفى 23 من سبتمبر تتعامد الشمس على خط الاستواء، وهو يوم الاعتدال الخريفى فى نصف الكرة الشمالى والاعتدال الربيعى فى نصف الكرة الجنوبى.

وفى 23 من سبتمبر، يبدأ النصف الجنوبى فى الميل نحو الشمس، ويصل إلى أقصى درجة من هذا الميل فى 22 من ديسمبر. وفى هذا اليوم، تتعامد الشمس على مدار الجدى، وهو خط عرض وهمى عند 23 درجة و27 جزءًا من الدرجة جنوبًا. وهذا هو الانقلاب الصيفى فى النصف الجنوبى، والانقلاب الشتوى فى النصف الشمالى. وفى 21 من مارس، تكون الشمس قد عادت مرة أخرى لتتعامد على خط الاستواء. وهذا اليوم هو الاعتدال الربيعى فى النصف الشمالى، والاعتدال الخريفى فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية.

فصول السنة

الفصول هى الفترات التى تقسم إليها السنة. والأراضى الواقعة فى شمال الكرة الأرضية، تعيش الربيع من مارس إلى مايو، والصيف من يونية إلى أغسطس، والخريف من سبتمبر إلى نوفمبر، والشتاء من ديسمبر إلى فبراير. والفصول فى بلدان النصف الجنوبى عكس ذلك. أما البلدان الواقعة على الحزام الأوسط من الأرض، فهى لا تمر غالبًا إلا بفصول من المطر أو الجفاف، وربما يكون لديهم ذات الطقس طوال العام.

وبالقرب من خط الاستواء والقطبيْن، لا تختلف الفصول كثيرًا عن بعضها البعض، كما فى خطوط العرض الوسطى. وبعض المناطق القريبة من خط الاستواء، يكون المناخ حارًا ممطرًا طوال السنة. وفى مناطق أخرى، توجد فصول ممطرة وفصول جافة، ويكون الجو حارًا فى كل الأحوال. أما المناطق القطبية، فالانتقال بين الشتاء والصيف يحدث بسرعة شديدة إلى درجة أنه لا يوجد فى الواقع سوى فصلين اثنين، شتاء طويل قاسى البرودة، وصيف قصير معتدل الحرارة.

إعصار التورنادو

أعاصير التورنادو هى عواصف صغيرة لكنها مدمرة. وهى تسمى أيضًا لفافات (twisters). تكون الريح فى مركز الإعصار قوية إلى درجة أنها تقتلع الأشجار من جذورها، وتطيح بقطارات السكك الحديدية بعيدًا عن مسارها وترفع الناس والحيوانات عاليًا عن الأرض.

أسباب تكون أعاصير التورنادو لم تزل غير مفهومة تمامًا. وهى، مثل الأعاصير الاستوائية (كالدوارات cyclones، والهاريكين Hurricans)، عبارة عن كتل دوّامة من الهواء. وبينما يصل قطر إعصار الهريكين إلى 200-400 كيلومتر فى العادة يكون إعصار التُّورنادو أصغر حجمًا ونادرًا ما يزيد قطره عن 790 مترًا. وعلى الرغم من صغر أحجامها، إلا أنه يمكن لأعاصير التورنادو أن تسبب دمارًا أكثر مما تسببه أعاصير الهاريكين الكبيرة.

يشبه إعصار التورنادو سحابة أنبوبية طويلة قمعية الشكل تمتد إلى أسفل من قاع سحابة ركامية داكنة اللون (عاصفة رعدية). وعند مستوى سطح الأرض يُسحب الهواء الرطب أفقيًا إلى داخل الأنبوب. وفى داخل الأنبوب يسحب الهواء إلى أعلى فى شكل مغزلى يدور بسرعة تصل إلى 320 كيلومترًا فى الساعة. بل إن سرعة الريح قد تصل إلى ضعف هذه القيمة داخل إعصار التورنادو. لا أحد يعرف هذه السرعة على وجه التحديد؛ لأن الأجهزة التى تقيس سرعة الريح دائمًا ما تتحطم عندما يمر فوقها الإعصار.

ينتج عن دوامة الهواء صوت يشبه الزمجرة يشتد ويعلو مع اقتراب الإعصار. وعندما يسمع الناس هذا الصوت فإن عليهم أن يسرعوا بالاختباء فى مكان منخفض؛ لأن أعاصيرالتورنادو يمكن أن تكون بالغة الخطورة. إن الريح التى تدور بسرعة غالبًا ما تقتلع أسقف المنازل وتطيح بها بعيدًا، بل إنها تشفط الناس إلى مئات الأقدام إلى أعلى قبل أن يسقطوا صرعى مرة أخرى على الأرض. وفى قلب الإعصار يكون سحب الهواء إلى أعلى قويًا إلى درجة أنه يقتلع الجسور الفولاذية من أساساتها، وفى بعض الأحيان يرتفع قاع الإعصار عن مستوى سطح الأرض، فيتوقف الخراب الذى يسببه على الأرض. وفى المناطق التى يرتفع فيها الهواء ينخفض الضغط الجوى انخفاضًا سريعًا. إن الضغط الجوى داخل إعصار التورنادو قد لا يزيد عن عُشر متوسط الضغط الجوى عند مستوى سطح البحر. هذا الضغط الجوى المنخفض مع الهواء البارد يتسببان فى تكثيف بخار الماء غير المرئى فى الجو، فيتحول إلى كتلة من قطيرات الماء الدقيقة المرئية؛ مما يجعل من السهل رؤية القمع الإعصارى وهو يتلوى، مثل أفعى هائلة، مقتربًا إلى الأرض من قاع السحابة الركامية الـمُزنّية.

ويعتبر هذا الضغط المنخفض مسئولاً أيضًا، مع سرعة الرياح، عن الضرر الذى يحيق بالممتلكات. فالضغط الجوى داخل المبانى يظل طبيعيًا، ومن ثم يصبح مختلفًا عن الضغط داخل الإعصار؛ مما يتسبب فى انفجار جدران ونوافذ المبانى أحيانًا، والإطاحة بها أثناء مرور الإعصار حولها. وبعد أن يمر الإعصار، تبدو المبانى المحطمة وكأنها قد فُجّرت عن قصد بالمتفجرات.

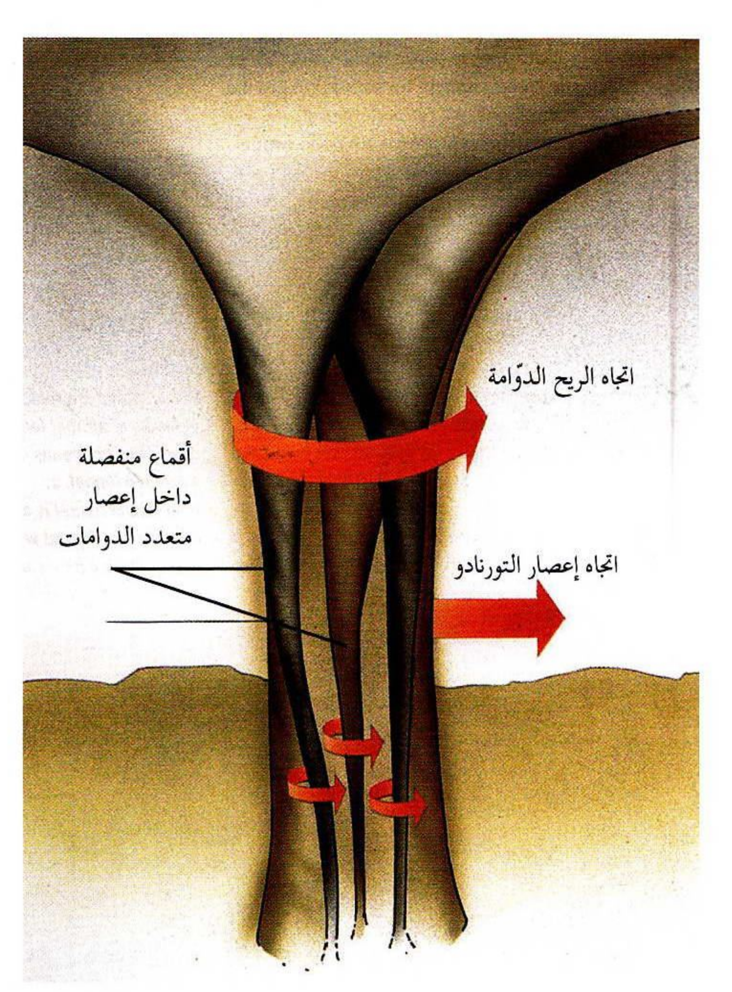


▲ هذه صورة للإعصار الذى حدث فى كانساس سنة 2004. إن عمود هواء الدوران يمتد من السحب حتى سطح الأرض، ساحبًا إليه كل ما يعترض مساره.

أين تحدث أعاصير التورنادو؟

هناك جزء من العالم يتأثر أكثر من غيره بأعاصير التورنادو: إنه الغرب الأوسط الأمريكى، وخصوصًا كانساس وأكلاهوما، وهى منطقة تسمى أحيانًا حارة التورنادو - أو زقاق التورنادو - ما بين شهرى مارس ويونيو حيث يتدفق هواء دافئ رطب باتجاه الشمال، قادمًا من خليج المكسيك صوب الغرب الأوسط. وفى الوقت ذاته يتدفق فوقه هواء جاف بارد قادم من الشمال، وبذلك يؤدى تدفق الهواء إلى تكون تيارات هوائية صاعدة. ومع صعود الهواء السفلى وتكثف ما به من بخار الماء، تتحرر الحرارة الموجودة فى الهواء؛ مما يزيد من سرعة تيارات الهواء الصاعدة. وتتطور قطيرات الماء فتتحول إلى سحب ركامية مُزنية هائلة الحجم، وغالبًا ما يُسمع صوت الرعد ويسقط المطر.

غير أنه فى الظروف المعتادة، تتكون أعاصير التورنادو أيضًا،



▲ **هذا الشكل يوضح حركة إعصار التورنادو من النوع الذى يحتوى على أكثر من قمع (إعصار متعدد الدوامات) حيث الأقماع الداخلية الأصغر تدور بسرعة حول محورها، بينما يدور القمع الخارجى الرئيس فى الوقت ذاته أيضًا.**

وأحيانًا ما تظهر عدة أعاصير فى اليوم ذاته. وتتحرك أعاصير التورنادو فى خطوط شبه مستقيمة بسرعة تتراوح ما بين 10-65 كيلومترًا فى الساعة. وكثير من الأعاصير ينتهى أمره بعد أن يقطع 32 كيلومترًا، لكن بعضها يمكنه السفر مسافات تصل إلى 485 كيلومترًا، تاركا وراءه شريطًا من الدمار.

تتعرض الولايات المتحدة إلى نحو 500-600 إعصار من أعاصير التورنادو كل عام، وتتوقف درجة الضرر الذى يحدثه كل منها على المسار الذى يسلكه.

إن من أشد الأعاصير تدميرًا فى التاريخ، كان ذلك الإعصار الذى ضرب الجنوب الأوسط من الولايات المتحدة فى 18 من مارس سنة 1925. ففى خلال ثلاث ساعات فقط قتل 689 شخصًا. وفى خلال 16 ساعة من شهر إبريل عام 1974، ضرب 148 إعصارًا إحدى عشرة ولاية، وخلفت هذه الأعاصير وراءها 314 قتلى، وستة آلاف جريح، ودمرت ممتلكات قدرت قيمتها بنحو 600 مليون دولار. وتحدث أعاصير التورنادو فى بلاد أخرى كاستراليا، لكنها أقل شيوعًا وأخف تدميرًا بصفة عامة. وقد تعرضت بريطانيا لأعاصير التورنادو لمدد وصلت إلى 36 يومًا فيما بين عامى 1963 و 1966، لكن الأضرار كانت طفيفة غالبًا.

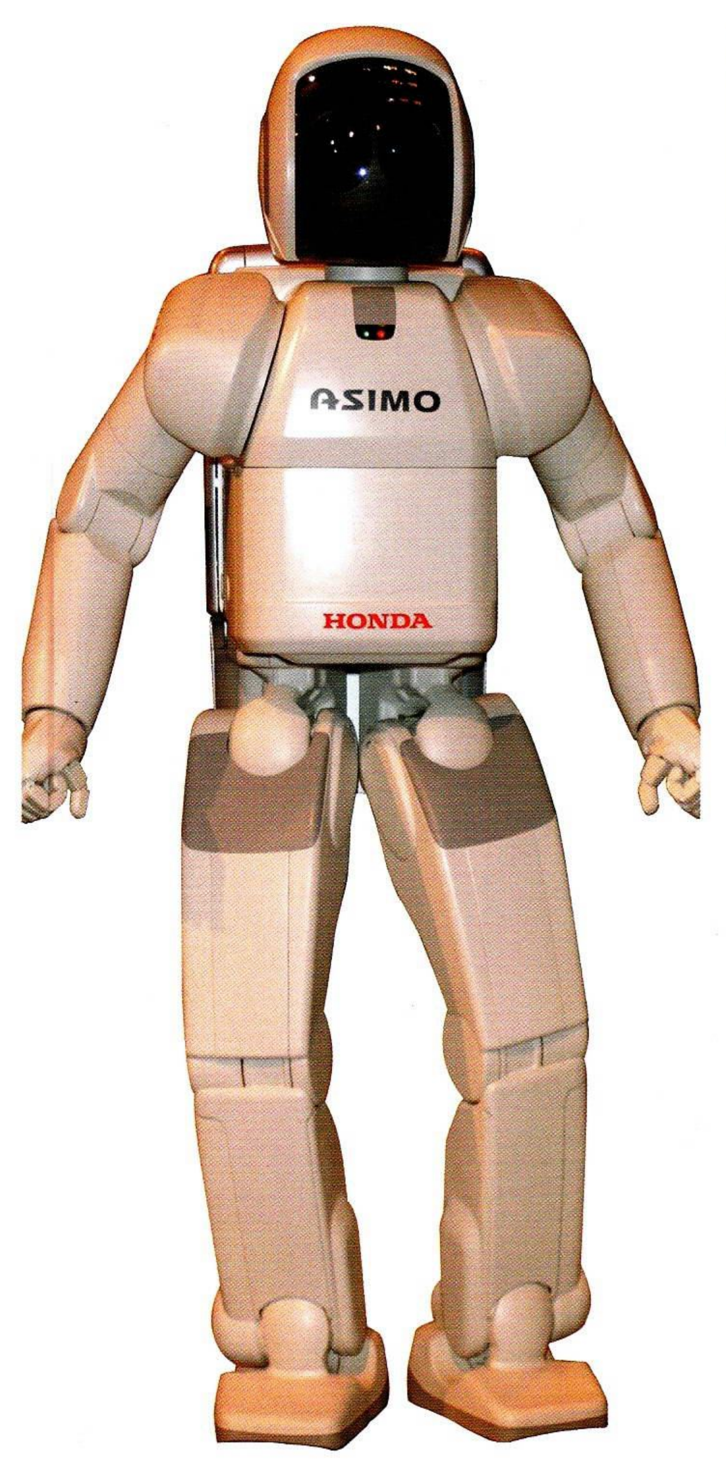
أعمدة الماء الإعصارية (أعاصير الماء)

الأعاصير المائية (التى تعرف أيضا بأعمدة الماء الإعصارية أو النافورات) تشبه أعاصير التورنادو، لكنها تحدث فوق مسطحات هائلة من الماء. ومثلما يحدث مع التُّورنادو، تبدأ الأعاصير المائية عندما تهبط من سحابة ركاميةُ مُزنية سحابة قمعية الشكل حتى تصل إلى سطح الماء. عندئذ يُسحب الماء إلى أعلى بفعل دوامة الهواء الدافئ الذى يدور كالمغزل.

وقد عرف عن الأعاصير المائية أنها تتسبب فى انقلاب القوارب الصغيرة، ونزع أخشابها، وتمزيق أشرعتها. كما أنها تطيح بالبحارة من فوق سفنهم، بل إنها تسبب أيضًا أضرارًا للسفن الكبيرة العابرة للمحيط. وغالبًا ما تتحرك قمة الإعصار المائى التى قد يبلغ ارتفاعها عدة مئات من الأقدام- أسرع مما تتحرك قاعدته؛ لهذا السبب ينحنى الإعصار المائى كثيرًا إلى درجة أن يتحطم ويختفى. وعادة ما تتحرك الأعاصير المائية ببطء، وسرعان ما تخمد عندما تصل إلى اليابسة. والأعاصير المائية أكثر حدوثًا فى البحار المدارية منها فى البحار الأبعد عن خط الاستواء.

الآلات الذكية (الإنسان الآلى أو الروبوت)

تستخدم الآلات الذكية غالبًا فى الصناعة، بل فى منازل قليلة أيضًا. وهى عبارة عن آلات يمكنها أن تقوم بالعمل ذاته مرات عديدة، دون أن تمل أو تتعب كما يحدث مع الناس. كانت الآلات الذكية الأولى لا تبدو شبيهة بالناس على الإطلاق. لكن معظم الآلات الحديثة من هذا النوع يتم تصميمها الآن بحيث تبدو وتتحرك مثل الناس أو الحيوانات.



▲ **يعتبر آسيمو (ASIMO) خطوة متقدمة فى الحركة الإبداعية. وهو أكثر الروبوتات الشبيهة بالإنسان تقدمًا فى العالم. وقد صنعته شركة هوندا عام 2000، ويمكنه التحرك بالطريقة ذاتها التى يتحرك بها الإنسان.**

فى أفلام وكتب الخيال العلمى، نجد الروبوتات دائمًا تبدو شبيهة بالناس. ولكن الروبوتات المستخدمة اليوم هى عبارة عن آلات لها أذرع آلية. وهذه الروبوتات مصممة لأداء عمل واحد، مثل التقاط شىء مثلاً، أو لحام المعادن، أو إحكام المسامير اللولبية، أو رش الغازات.

استخدمت الروبوتات لتحل محل العمال فى المصانع منذ أوائل سنوات 1960. وفى البداية كانت عبارة عن آلات بسيطة مصممة لعمل مهمة واحدة. ولكنها مصممة لعمل تلك المهام مرات عديدة وكثيرة دون أن تتعب أو ترتكب أخطاء.

وعلى مدى الخمسين سنة الماضية، أصبحت الروبوتات أكثر تعقيدًا. وكثير من الروبوتات الحديثة مصممة للتحرك فى المصانع أو مخازن البضائع على مسارات أو طرق مجهزة، وتستخدم لحمل الأشياء الثقيلة بأمان. وكما أنها تستخدم لأداء مهام بسيطة فى المصانع والمحلات، تستخدم الروبوتات أيضًا للوصول إلى الأماكن التى لا يستطيع الناس الوصول إليها. فهى تستخدم مثلاً لفحص الأنابيب صغيرة القطر من الداخل، والتى لا يستطيع الناس فحصها بسهولة.

وتستخدم الروبوتات أيضًا فى الأماكن غير الآمنة للبشر. فمثلاً، تستخدم الروبوتات لفحص المفاعلات النووية أو لفصل وصلات قنبلة لم تنفجر. وبعض الروبوتات المتقدمة تستخدم فى استكشاف الأقمار والكواكب الأخرى الموجودة فى المجموعة الشمسية.



◀ كثير من المصانع يستخدم أجهزة روبوت. وتعمل الروبوتات على خطوط تجميع؛ حيث تقوم بتكرار المهام ذاتها مرات كثيرة. وفى هذه الصورة، تقوم الروبوتات بلحام أجزاء سيارة فى أحد مصانع السيارات.

تاريخ الروبوتات

ظهرت فكرة الروبوت منذ مئات السنين. كانت آلات بسيطة، تسمى الآلات ذاتية الحركة (Automaton)، تتحرك من تلقاء نفسها، وتأخذ طاقة الحركة عمومًا عن طريق حركة زنبركية أو تيار مائى. وفى الصين، صُنعت هذه الآلات منذ ألفى عام، وقام العرب فى العصور الوسطى بتطويرها وصنعوا منها أشكالاً جديدة ومثيرة للإعجاب. وأهم من قام بذلك فى القرن الثانى عشر المهندس العربى العبقرى بديع الزمان الجزارى (الذى عاش بين القرنين الثانى عشر والثالث عشر). وأصبحت هذه الآلات ذاتية الحركة منتشرة فى أوروبا فى القرن الخامس عشر. وكان معظمها عبارة عن دمى متحركة أو نماذج متحركة من الحيوانات أو الطيور. وكانت تستخدم أساسًا كدمية أو لعبة، ولم تكن تقوم بأى عمل مفيد.

وأول من استخدم كلمة روبوت (robot) هو المؤلف التشيكى كاريل كابيك (1890-1938) فى مسرحية من تأليفه بعنوان: روبوتات روسوم العالمية (Rossom's Universal Robots, 1920). وكانت المسرحية تحكى قصة بلد كل عمل فيه يقوم به عمال آليون. وجاءت الكلمة من اللغة التشيكية والتى تعنى عامل سخرة (robota).

ومنذ ذلك الوقت، فكر الناس فى الروبوت باعتباره إنسانًا آليًا موجودًا فى الأفلام والكتب. ولكن، فى وقت حديث جدًا، ظهرت روبوتات مصممة لتكون شبيهة بالناس والحيوانات. والروبوتات الحديثة أكثر ذكاء، وتستطيع أداء مهام أكثر من روبوتات أعوام 1960. والروبوتات التى تشبه الناس والحيوانات لها مجال حركات أوسع من أجهزة الروبوت التى تتحرك على عجلات. فالعجلات بحاجة إلى طريق أو مسار تسير عليه، أما الأرجل فيمكنها المشى، والجرى، وتسلق الأشياء.

وأحدث أنواع هذه الآلات الذكية تستطيع أن تشعر أيضًا بحاسة اللمس، ويمكنها الرؤية باستخدام كاميرات، ويمكنها حتى

هل تعلم؟

فى سنوات 1940، ابتدع إيزاك أسيموف (1920-1992)، مؤلف روايات الخيال العلمى الأمريكى روسى المولد، فكرة ثلاثة قوانين للروبوتات فى إحدى رواياته؛ ليضمن بقاء الروبوتات دائمًا مأمونة الاستعمال، وتحت تحكم الإنسان:

- لا يُسمح للروبوت أن يؤذى بشرًا، وعليه ألا يسمح بتعرض إنسان للأذى.
- يجب أن يطيع الروبوت الأوامر التى يصدرها إليه البشر، إلا إذا كانت الأوامر تتعارض مع البند الأول.
- يجب أن يحمى الروبوت نفسه، طالما لا تتعارض هذه الحماية مع البندين: الأول والثانى.

وفى 2004، تمت صناعة فيلم بعنوان روبوت 1 (بطولة ويل سميث)، قائم على رواية أسيموف.

أن تتعرف على بعض الأشياء والنماذج البسيطة. وسوف تكون روبوتات المستقبل معقدة للغاية، إلى درجة أنها ربما يتم التحكم فيها عن طريق كمبيوتر يسمى الشبكة العصبية. والشبكات العصبية هي كمبيوترات تعمل بطريقة عمل مخ الإنسان. وهي لا تحتاج لأن تُبرمج: بل تستطيع أن تتعلم كيف تعمل أو يمكن تعليمها على يدى معلم إنسان. وأشد الروبوتات تقدمًا سوف تتعلم كيف تتحكم فى أجسادها، وكيف تقوم بأداء مهام مختلفة بالطريقة ذاتها التى يتعلم بها الطفل كيف يمشى ويتكلم.

الروبوت الصناعى

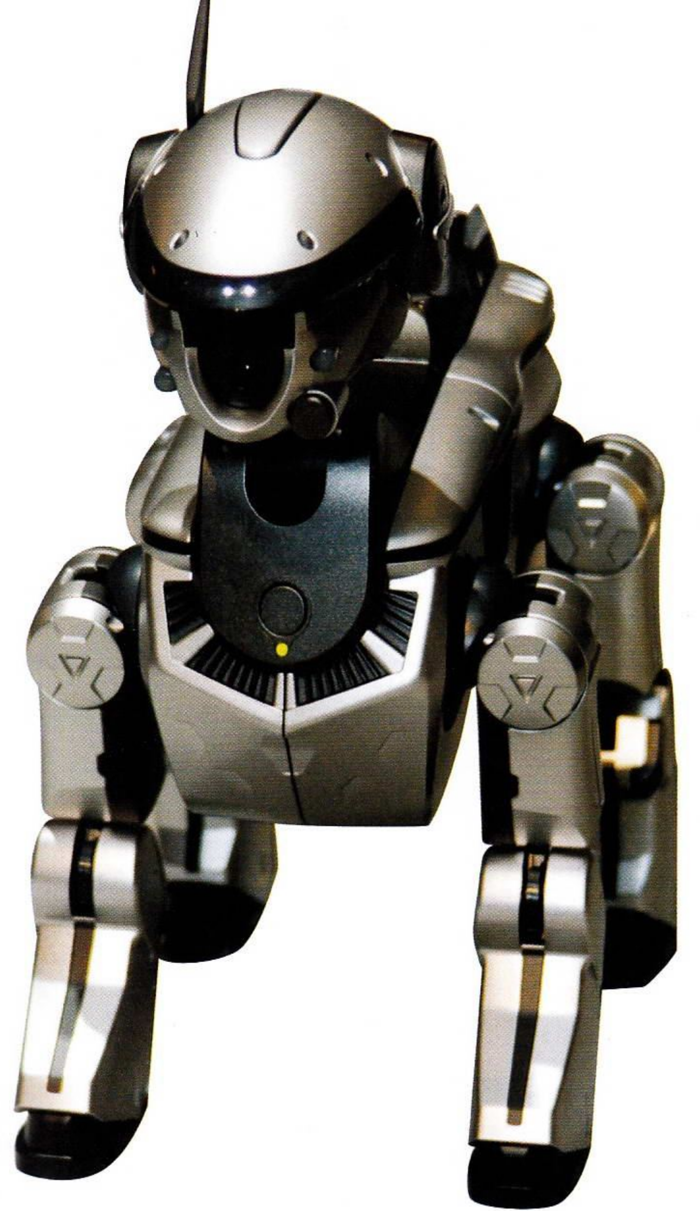
يُستخدَم معظم الروبوتات فى المصانع. ولم يتغير تصميمها الأساسى كثيرًا منذ تم صنع أول روبوتات صناعية فى أواسط القرن العشرين. ومعظم الروبوتات لديه ذراع ميكانيكية قوية بها مفصلات عديدة؛ لكى تتمكن من الحركة فى كل الاتجاهات.

والروبوت البسيط له ثلاثة أجزاء: وحدة قوى هيدروليكية، وذراع ميكانيكية، ونظام تحكم كمبيوترى. والنظام الهيدروليكى هو الذى يوفر الحركة، وهو عبارة عن تدفق نوع من الزيت الخفيف، يُسمى السائل الهيدروليكى، من خزانات إلى إسطوانات. وتحتوى الإسطوانات على مكابس تناسب مقاس فراغ الإسطوانة بدقة. ويقوم السائل بدفع المكبس، فيدفعه خارج الإسطوانة. والمكبس موصل بمفصلة بالجزء المتحرك من الروبوت. ومع حركة المكبس، يتحرك الجزء المتحرك من الروبوت. وكما تعمل العضلات فى الذراع، تعمل المكابس الهيدروليكية بشكل ثنائى. وفى كل ثنائى مكبسان، أحدهما يدفع الذراع فتنثنى، والثانى يدفع فى الاتجاه المضاد فتعود الذراع إلى الاستقامة. وكل مكبس أيضًا يدفع الآخر ليرجع إلى وضعه داخل الإسطوانة.

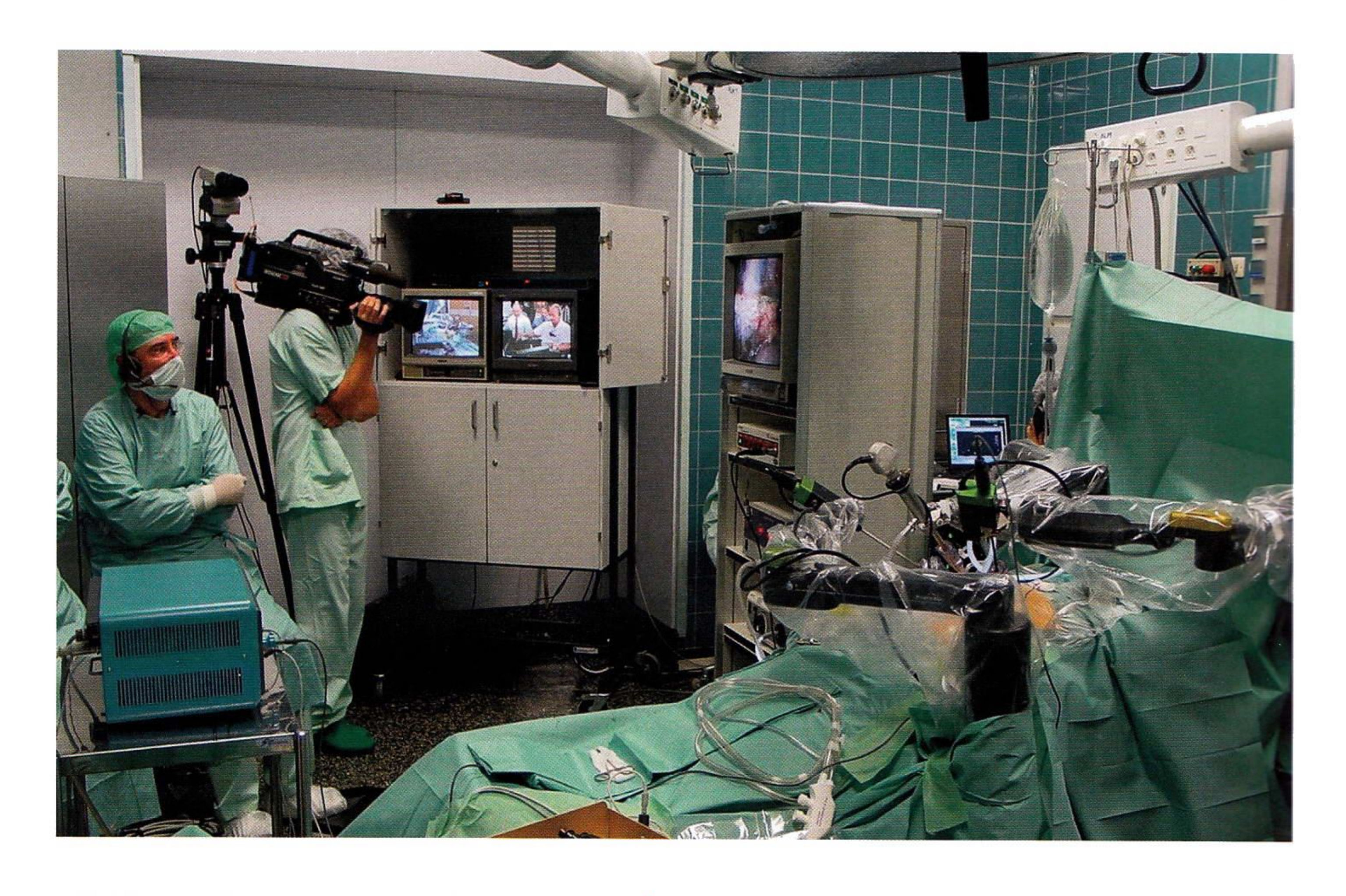
والذراع الميكانيكية هى الجزء الذى يلتقط الأشياء، أو يرش الدهانات، أو يُحكم لف المسامير اللولبية، أو يلحم المعادن. ومعظم الأذرع قادر على الحركة فى جميع الاتجاهات. ويمكنها أن تتحرك إلى أعلى وأسفل، ومن جانب إلى آخر، وإلى الأمام أو الخلف. وفى طرف الذراع يوجد معصم، رُكِّبت فيه إحدى الأدوات، مثقاب مثلاً. والمعصم له مفصلة مثل الذراع؛ ليتمكن أيضًا من الحركة فى ثلاثة اتجاهات، ويمكنه أن يلف فى أى اتجاه أيضًا. والذراع والمعصم المتصلان بمفاصل يمنحان الروبوت درجة كبيرة من الحركة.

برمجة الروبوت

والشىء الذى يجعل الروبوت مختلفًا عن الآلات الأخرى، هو أنه يمكن إعادة برمجته على مهام جديدة. إلا أن كثيرًا من الآلات الحديثة يمكن التحكم فيها بكومبيوترات بسيطة تسمى أجهزة المعالجة الصغيرة (microprocessor)، التى تستخدم فى كل



أيبو: كلب روبوت أليف صنعته شركة سونى. ويمكن تعليمه بعض الحركات الخاصة بالكلاب، إلى درجة أنه يحب أن يُربت على ظهره. ويمكنه أن يبحث عن العظام، ويمثل أنه ميت، ويهز ذيله كما يفعل الكلب الحقيقى. ويعرف أيبو أن بطاريته على وشك النفاد، ويعيد شحن نفسه.



▲ يجرى تطوير روبوتات للقيام بإجراء العمليات الجراحية المعقدة. ويمكن أن يقوم الجرَّاح بالتحكم فى الروبوت وهو فى غرفة أخرى، أو حتى فى بلد آخر. وهذا النوع من الجراحة يسمى «الجراحة عن بُعد».

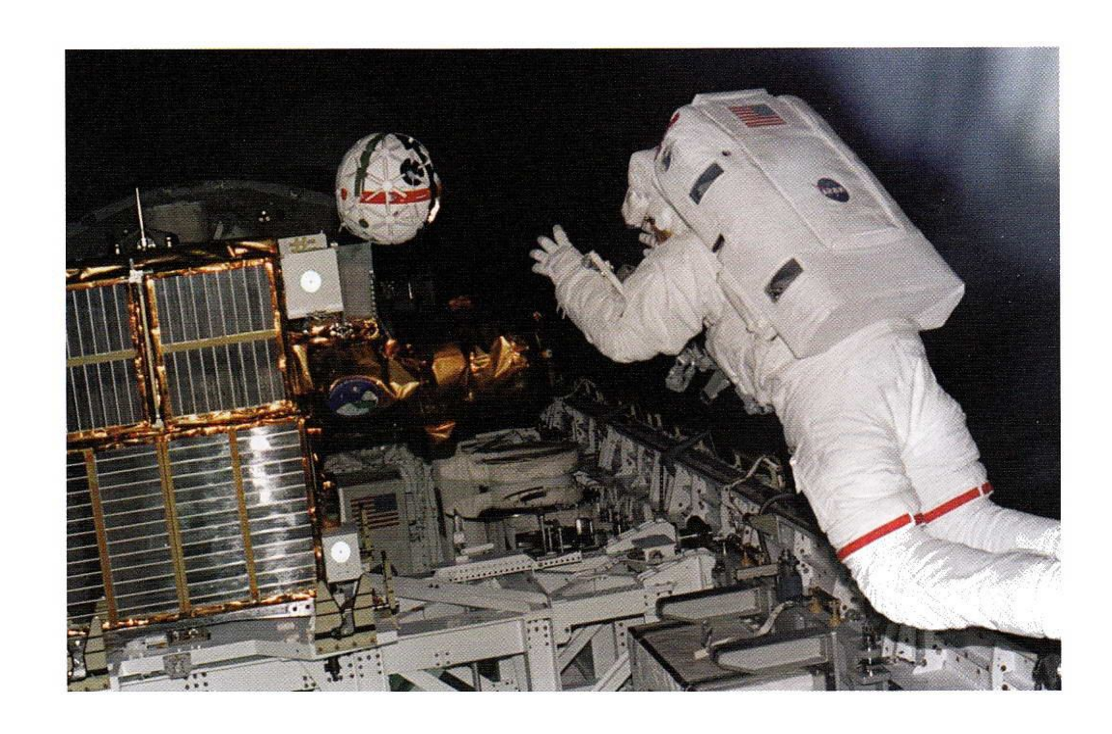
الآلات من الصراف الآلى إلى الطابعة الليزر. ولكن هذه الآلات، التى بها مجموعة من الأجزاء المتحركة التى يتم التحكم فيها كلها بواسطة الكمبيوتر، يجب أن تعمل معًا لأداء مجموعة واحدة من المهام. فمثلاً طابعة الليزر لا تستطيع إلا طبع الوثائق، ولا يمكن أن نجعلها تحرر النصوص، ولا يمكن تعليم الصراف الآلى صرف تذاكر القطارات.

أما الأذرع الروبوتية فيمكن تجهيزها بأداة مناسبة ثم برمجتها لأداء مهمة معينة. وبرمجة روبوت صناعى بسيط تتطلب إخصائى تشغيل يقوم ببرمجته على الحركات المتعلقة بالمهمة التى يجب أن يؤديها.

ويستطيع إخصائى التشغيل تحريك ذراع الروبوت بيده. ومع الروبوتات الكبيرة، يقوم الإخصائى عادة باستخدام منصة تحكم أو ذراع القيادة لتحريك الروبوت. وبعض الروبوتات لها أسلوب أو نسق للتعلم. وعن طريق هذا النسق يمكنها أن تتذكر ترتيب التتابع الصحيح للحركات الذى يقوم بها إخصائى التشغيل. وبعض أنظمة التحكم فى الروبوت مبرمج حسب الأوضاع النهائية من كل الحركات التى يقوم بها الروبوت والترتيب الذى ينبغى أن تتم به. وفى هذه الحالة يتحرك الروبوت بين هذه الأوضاع المبرمج عليها. وهذا النوع الثانى من البرمجة يؤدى إلى حركات أكثر دقة.

الكمبيوترات والهندسة

تعتمد الروبوتات على مجالات مختلفة كثيرة من العلوم والهندسة؛ فهى كآلة يمكن برمجتها، والتحكم فيها بالكمبيوتر. ووحدة التحكم فى ذراع الروبوت ينبغى أن تُنَسّق بالأنظمة الهيدروليكية، وهى عملية بسيطة إلى حدٍّ ما. والذكاء الصناعى جزء مهم من الروبوتات الحديثة. وهو نوع من البرمجة الذى يختص بتعليم الروبوت كيف يقوم بمهام جديدة. وبعض الروبوتات بحاجة للحركة الحرة وتخطى العقبات بسهولة. ويتعلم مهندسو الروبوتات كيف يصنعون روبوتات تتحرك بسهولة أكثر بدراسة حركة الجسد عند الإنسان والحيوان. والجزء الخاص بالهندسة والبرمجة المختص بهذه العملية يسمى علم التحكُّم الآلى أو السيبرنطيقا .



رائد الفضاء فى الصورة على وشك الإمساك بروبوت كروى الشكل، وهو عبارة عن كاميرا، يتم التحكم بها عن بعد، تستخدم لالتقاط صور لمكوك الفضاء وهو فى مداره.

أجهزة الإحساس

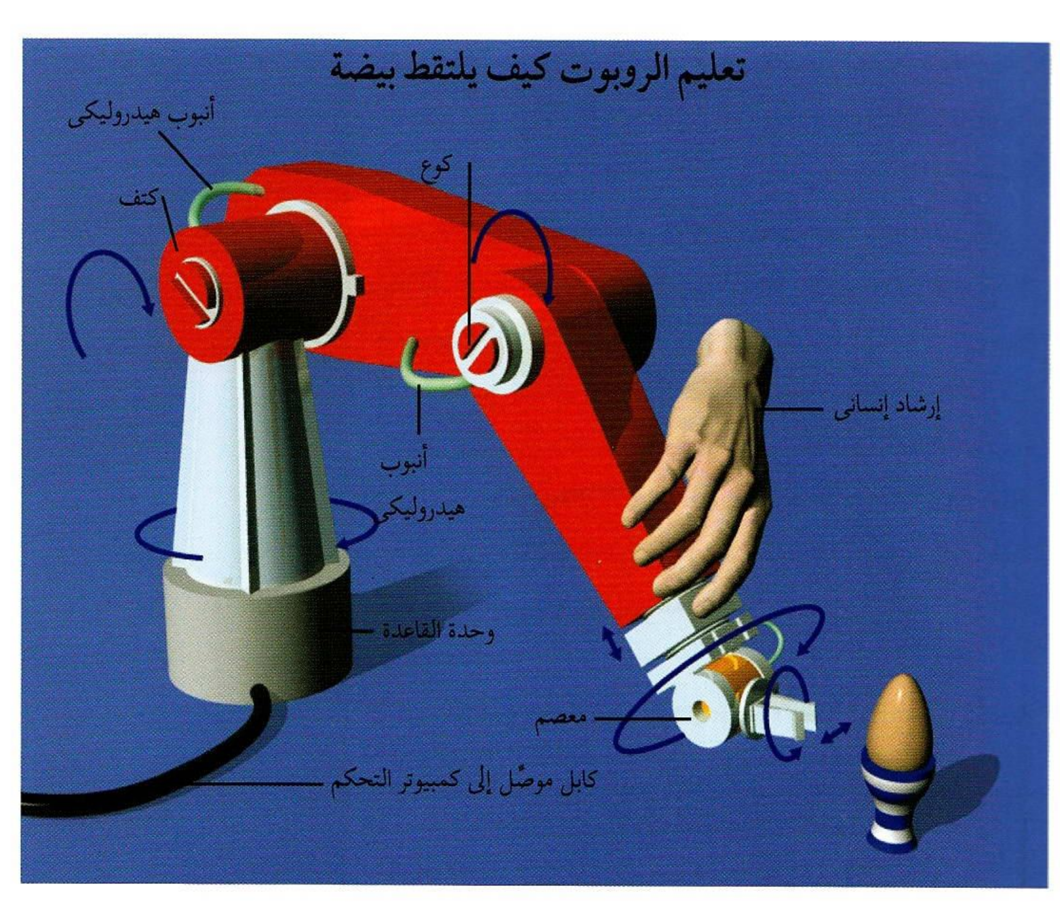
مطلوب من الروبوت أن يعمل دون وجود إخصائى تشغيل. ولكى يقوم بذلك، يجب أن يعرف الروبوت أين هو، وأين ينبغى أن يذهب، وماذا يفعل حينئذ. وللوصول إلى هذه النتيجة، يرسم كمبيوتر الروبوت نموذجًا لكل ما يحيط به، ومن ثم يمكنه الحركة بأمان دون أن يتخبط فى الأشياء.

ويقوم الإنسان والحيوان برسم مثل هذا النموذج فى عقولهم. ويقوم العقل بتجديد النموذج باستمرار حَسْب المعلومات التى يتلقاها من الحواس، مثل النظر واللمس والسمع. والروبوتات لها حواس أيضًا. وحس اللمس عند الروبوت يأتى باستخدام نظام يسمى رد الفعل الخاص بالقوة. وهذا النظام يتيح للروبوت معرفة أشياء مثل ما إذا كان يحاول وضع وتد مربع فى فتحة دائرية. تقوم يد الروبوت بقياس كمية القوة المطلوبة لدفع الوتد، وهذا القياس تم إمداد عقل الكمبيوتر به. فإذا كانت القوة أكثر من اللازم فهذا يعنى أن القطعة لا تناسب الفتحة، فتنسحب اليد. ويمكن استخدام النظام ذاته للتحكم فى كمية القوة اللازمة لكى تقوم يد الروبوت بالإمساك بشىء. ولهذا، فإن اليد ذاتها يمكن استخدامها لالتقاط شىء رقيق، مثل البيضة، وكذلك شىء ثقيل، مثل قضيب حديدى.

وإمداد الروبوت بحس بصرى مسألة أكثر تعقيدًا. فصورة الأشياء المحيطة يمكن أن تنتج باستخدام كاميرا فيديو. ولكن، لابد أن يكون التحكم الكمبيوترى فى الروبوت قادرًا على التعرف على ما فى الصورة. والصور مليئة بالمعلومات. وتحتوى صورة تليفزيونية أبيض وأسود على 8 ملايين وحدة من المعلومات على الأقل؛ وإشارة تليفزيون عادى يمكن أن تحتوى على أكثر من ثلاثين صورة لكل ثانية. ولهذا قد يقضى الروبوت وقتًا طويلاً فى معالجة الصور. ولكن، معظم المعلومات فى الصور لا يتغير، وليست مهمة بالنسبة إلى عمل الروبوت. لهذا تتم برمجة الروبوت على أن يبحث عن نماذج معينة، مثل شكل الشىء الذى عليه أن يلتقطه من الناقلة أو لون معين للشىء أو المكان الذى ينبغى أن يتحرك نحوه.

التنسيق

صُممت الروبوتات على أن تقوم بإغلاق نفسها إذا حدثت أى مشكلة. فالروبوتات تتعامل غالبًا مع أشياء ثقيلة وتحركها بسرعة، ومن ثَمَّ فإن الحوادث قد تكون خطيرة. ولهذا فإن للروبوتات أنظمة أمان تستطيع أن تتنبأ بأن حادثًا على وشك الوقوع. ويجب أن يقوم نظام الأمان بإغلاق جزء النظام الخاطئ، ولكن مع الاحتفاظ بالأنظمة الأخرى لكى لا تتسبب فى أى مشكلة. ومن الممكن أن يكون مطلوبًا أيضًا تنسيق عمل الروبوتات مع الآلات الأخرى، ويشمل ذلك روبوتات أخرى. ويتم التحكم فى أنظمة الأمان والتنسيق عن طريق أنظمة متخصصة ـ وهى قاعدة بيانات كبيرة تشمل كل البنود التى تخبر الكمبيوتر ماذا يفعل فى الحالات المختلفة.



◀ لابد من برمجة الروبوت لأداء الحركات بالضبط. ولفعل ذلك، يقوم إخصائى تشغيل من البشر بمساعدة ذراع الروبوت فى سلسلة من الحركات لالتقاط شىء مثل البيضة. ثم يقوم كمبيوتر الروبوت بتخزين الحركات المختلفة فى ذاكرته؛ لكى يقوم الروبوت بالمهمة ذاتها بنفسه بعد ذلك.

الحياة مع الروبوتات

عندما أُدخلت 50 آلة من الآلات الذكية لأداء عمليات اللحام فى مصنع سيارات ديملر كريسلر، تم الاستغناء عن 200 عامل، وزاد الإنتاج بنسبة 20%. تعمل الروبوتات بسرعة كبيرة دون أن تقضى وقتًا فى المجاملات الاجتماعية، والوقت المستقطع لتناول الطعام أو الشراب، ودون أن ترتكب أخطاء. ولا تحتاج لحمايتها من الحرارة العالية والمواد الضارة كما هو الأمر مع البشر. وهى تصاب بأعطال من حين إلى آخر، لكن الناس أيضًا كثيرًا ما يصابون بمرض ولا يستطيعون العمل. وتقضى الروبوتات الصناعية حوالى 5٪ من الوقت فى الإصلاح والصيانة أو إعادة البرمجة. ولكن العامل من البشر يأخذ إجازات تصل إلى ربع وقت العمل فى السنة.

وقد استطاعت ديملر كريسلر ومصانع السيارات الأخرى أن تصنع سيارات أقل تكلفة بفضل الروبوتات. ولكن، هذا الأمر الذى كان مفيدًا بالنسبة إلى شركات السيارات لم يكن بالضرورة جيدًا بالنسبة إلى المجتمع. وعلى الرغم من أن العمال الذين تم استبدالهم بالروبوتات لديهم حرية العمل فى وظائف أخرى، إلا أن كثيرًا من هذه الوظائف لا تدفع أجورًا بالقدر ذاته وقد لا تتطلب المهارات ذاتها كتلك التى أصبحت الروبوتات الآن تقوم بها.

استولت الروبوتات أيضًا على الوظائف المملة أو التى يصعب على الناس القيام بها. مثلاً، فحص الأجزاء الإلكترونية الدقيقة قد تؤثر على عينى العامل البشرى. ولا يستطيع الإنسان أداء مثل هذه المهمة إلا لعدة ساعات قليلة كل مرة ثم يصاب بإجهاد العينين والصداع، لكن الروبوت لا يتعب. وتستخدم الروبوتات أيضًا لأداء الأعمال التكرارية، مثل تغليف العلب أو الصناديق. وهى عملية سرعان ما يملها العامل البشرى؛ مما قد يؤدى إلى وقوع حوادث. كما أن أداء الحركة ذاتها مرارًا وتكرارًا يمكن أيضًا أن يسبب مشاكل توتر عصبى للعمال من البشر.

روبوت النانو

لقد استخدمت الروبوتات بالفعل فى إجراء بعض إجراءات العمليات الجراحية المعقدة. والروبوتات المصنوعة باستخدام تكنولوجيا النانو ستكون جزءًا من المليون من البوصة فى حجمها. وفى يوم من الأيام، قد تتمكن هذه الروبوتات من الزحف داخل الجسد البشرى، أو السباحة داخل الدم. وبهذه الطريقة، يمكن استخدام روبوت النانو لعلاج أمراض أو إصلاح بعض الأعضاء المصابة فى الجسد.
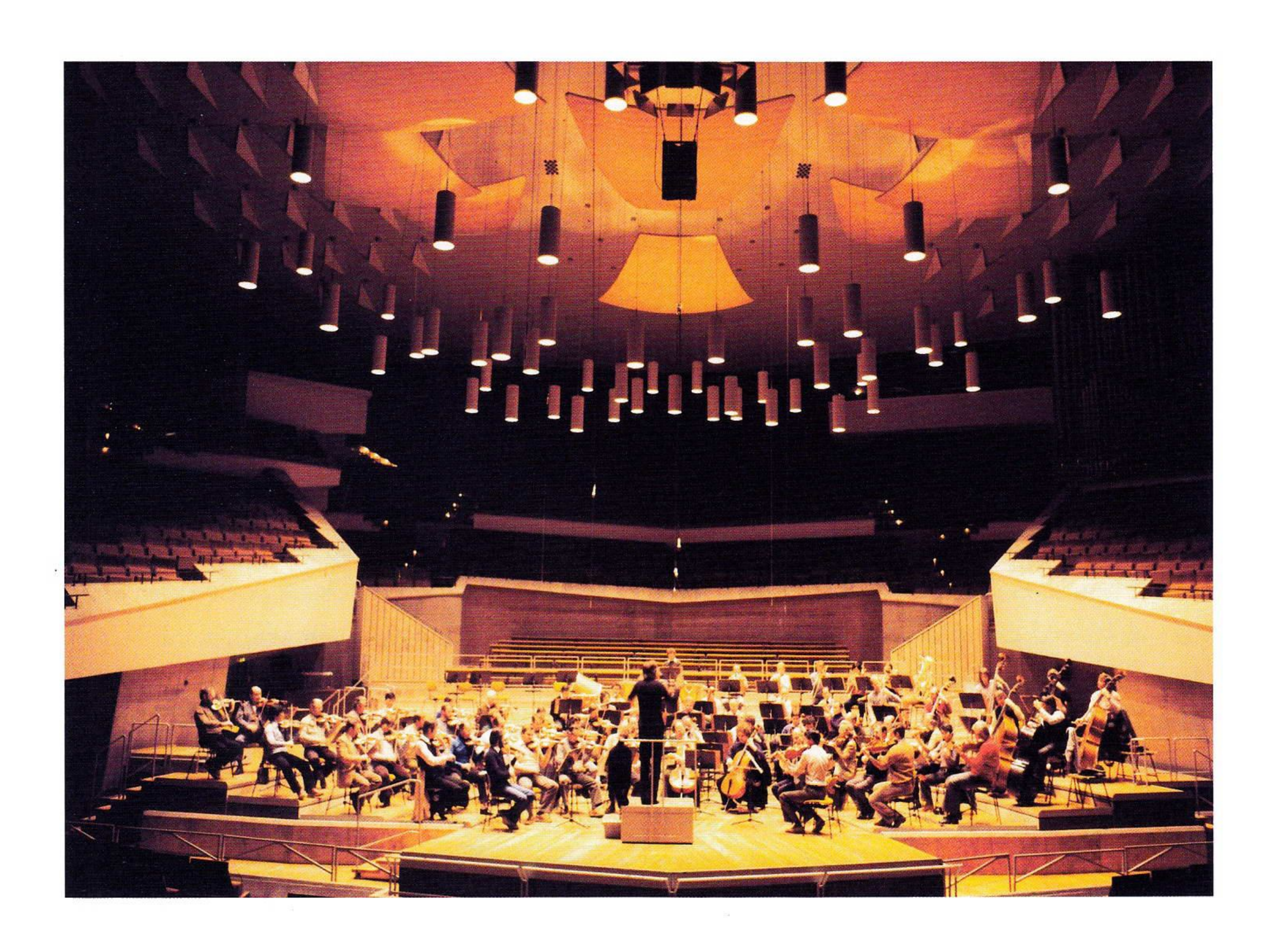
الآلة الموسيقية

دَوىُّ التُرُومبيت، هدير الطبلة، والنغمة المرتعشة للنَاى، كلها أصوات صادرة عن آلات موسيقية. ساعدت الموسيقى الناس على التعبير عن أنفسهم وإمتاع الآخرين منذ آلاف السنين.

منذ أقدم الأزمنة، عرف الإنسان آلات النفخ ـ تلك الآلات التى ينفخ فيها الموسيقيون لإصدار الصوت. عثر الباحثون على الناى البسيط المصنوع من عظام الحيوانات المجوفة، والتى تشبه الصفارات الخشبية الحديثة، أثناء التنقيب الأثرى فى الأماكن التى عاش فيها إنسان العصر الحجرى فى فرنسا، وشرق أوروبا، وروسيا، وبعض هذه الآلات ترجع إلى 25 ألف سنة. وأقدم آلة موسيقية معروفة هى ناى مصنوع من عظام دب، وجد فى كهف نياندرتال فى سلوفينيا بوسط أوروبا. وربما يكون عمره أكثر من 80 ألف عام.

واستخدم إنسان العصر الحجرى طبولاً بدائية مصنوعة من جماجم الماموث منذ 14 ألف عام على الأقل. كما استخدموا آلات تسمى «هدير الثيران». كانت آلة «هدير الثور» عبارة عن قطعة من الخشب أو الطين على شكل سمكة تصدر أصوات ضوضاء هادرة عندما يتم تدويرها بسرعة باستخدام حبل أو وتر.

▼ فى الأوركسترا النموذجى، يجلس عازفو الآلات الوترية فى المقدمة؛ بحيث يكون عازفو الكمان على اليسار وعازفو التشيللو على اليمين. وخلف الآلات الوترية تأتى آلات النفخ الخشبية فى الوسط وعلى اليمين. وخلف الوسط توضع الطبول الكبيرة ذات الأصوات المرتفعة والآلات النحاسية.



وفى عصر الحضارات القديمة فى الشرق الأوسط، كان الناس يعزفون على آلات وترية مثل الهارب والقيثارة، والتى ربما صنعت فى البداية بإضافة بعض الأوتار إلى قوس. وآلات الهارب مصورة فى رسوم سومرية ترجع إلى أكثر من خمسة آلاف عام. كما وجدت رسوم جدارية فى مصر القديمة تصور آلات موسيقية مثل الهارب والناى والقيثار، وترجع إلى أكثر من خمسة آلاف عام أيضًا. وحتى الآلات ذات لوحات المفاتيح لها تاريخ طويل. فمنذ أكثر من 2300 سنة، صمم مخترع إغريقى من الإسكندرية هو كتسيبيوس (582-222 ق.م، تقريبًا) آلة أُرغُن تُصدر أصواتًا عندما تفلت كمية من الماء فى كل مرة يضغط فيها العازف على أحد المفاتيح.

والمجموعات الأربع الرئيسة الحديثة من الآلات الموسيقية هى: آلات النفخ، والآلات الوترية، والآلات ذات لوحات المفاتيح، وآلات النقر أو الآلات الإيقاعية (الآلات التى تعمل عندما يُنقر أو يُطرق عليها، مثل الطبول). وهذه المجموعات الأربع لها تاريخ طويل ومعقد. وعلى الرغم من أنها جميعًا مرت بتغييرات متعددة منذ الأزمنة القديمة، إلا إنها تعمل كلها بنفس الفكرة الأساسية التى قامت عليها.

علم الموسيقى

كل صوت - من بكاء الطفل إلى رنين الجيتار - يحدث نتيجة مرور موجات من الذبذبات الصوتية عبر الهواء. ولكن صوت الآلة الموسيقية يتميز بخاصية تجعله مختلفًا عن الأصوات الأخرى. فهزيم صوت الموتور هو مجموعة مختلطة من الذبذبات الفوضوية مختلفة السرعات أو «الترددات» كما تُسمى فى علم الأصوات. أما الآلة الموسيقية فتصدر أصواتًا لها ذبذبات تصدر على فترات متساوية، وتعطى ترددات منتظمة.

وكل آلة موسيقية تُصدر هذه الترددات المنتظمة بطريقة مختلفة. فالآلات الوترية لها أوتار مشدودة تهتز وتصدر هذه الترددات عندما يقوم العازف بنبر هذه الأوتار أو تمرير قوس عليها. أما آلات النفخ، فتردداتها تصدر عندما ينفخ العازف الهواء عبر فتحة أو قصبة أو مَبْسِم.

وبشكل نموذجى، عندما تُعزف إحدى النغمات على آلة ما، تحدث ذبذبة قوية جدًا، لها تردد معين أو ما يسمى طبقة الصوت أو درجة النغمة. وهذا الصوت يسمى النغمة الأساسية. وكلما كان تردد أو طبقة النغمة الأساسية أعلى، كان صوتها أعلى. غير أنه يوجد أيضًا مجال من الذبذبات الأخرى، أو ما يسمى بـ «النغمات التوافقية». ونوع النغمات التوافقية هو ما يعطى كل آلة موسيقية صوتها المميز ويسمى بنوع الصوت.

وهناك خاصيتان أخريان للآلة الموسيقية على جانب كبير من الأهمية. فلكى يقوم العازف بعزف لحن ما، لابد أن تكون للآلة طريقة للتحكم فى طبقة الصوت. ولابد أيضًا أن يكون لها رنين resonance، ولابد أن يكون لها صندوق صوتى يتذبذب نتيجة الصوت الأصلى ويكبره (وهذا يجعل الصوت أكبر ويستمر لمدة أطول).



▲ العازفة فانيسا ماى نيكولسون (1978-) من سنغافورة، تعزف على آلة الكمان الإلكترونى فى قاعة احتفالات بافاروتى فى هايد بارك، لندن، يوليو 2001.

الوتريات

تشمل الآلات الوترية الكمان (الفيولين)، والفيولا، والتشيللو، والباص المزدوج، والجيتار، والعود. ولكل منها عدد من الأوتار قد يكون أربعة أو ستة أو اثنى عشر وترًا. وتصنع الأوتار من النايلون أو الصلب أو أمعاء الحيوانات الصغيرة. والآلات الوترية التقليدية لها صندوق خشبى لتوفير الرنين وتكبير صوت اهتزاز الأوتار. وتمتد الأوتار على عارضة خشبية صغيرة على الصندوق، تُسمى زالكوبريس، وتصل إلى رقبة الآلة. وعند قمة الرقبة توجد مسامير خشبية لضبط النغمات، يمكن بها شد الأوتار أو إرخاؤها لتغيير صوت النغمة الصادرة عنها.

وتصدر الأوتار الصوت عندما يمرر القوس عليها أو عند نبرها بالأصابع أو الريشة (قطعة صغيرة ورقيقة من البلاستيك). ويعتمد تردد الذبذبات، عند العزف على الآلة الوترية على طول الأوتار وقوة شدها. فكلما كان الوتر أقصر أو مشدودًا أكثر، كانت الذبذبات أسرع، ومن ثم تكون طبقة النغمة أعلى. ويمكن تغيير طول الوتر بالضغط بالإصبع على الرقبة فى نقاط معينة، ويُسمى هذا بالتوقيف. فإذا تم وقف الوتر فى منتصفه تصدر عنه كمية مضاعفة من الترددات ويرتفع الصوت بقدر أوكتاف واحد (والأوكتاف هو ثمانى نغمات تامة).

والكمان هو أهم الآلات الوترية على الإطلاق، وهو الآلة الرئيسة فى الأوركسترا السيمفونى. كما أن الكمان هو أحد الآلات المهمة للعزف المنفرد وموسيقى الحجرة، وهى الموسيقى التى تعزف بعدد قليل من العازفين. وكثير من الموسيقى كتب خصيصًا لآلة الكمان.

عاش عدد من أعظم صانعى الكمان فى التاريخ فى أواخر القرن السادس عشر. وكثير من آلاتهم الرائعة لا تزال تستخدم إلى اليوم. ومن أشهرهم: أندريا أماتى (1510-1578، تقريبًا)، وأندريا جورنيرى (1626-1698)، وأنطونيو ستراديفارى (تقريبًا 1644-1737).

▼معظم آلات الفلوت الحديثة مصنوعة من المعدن، لكنها تصنف تحت عنوان «آلات النفخ الخشبية» لأنها تعمل بالطريقة ذاتها التى يعمل بها الناى الخشبى التقليدى؛ فتصدر النغمة عندما ينفخ العازف من فتحة النفخ.



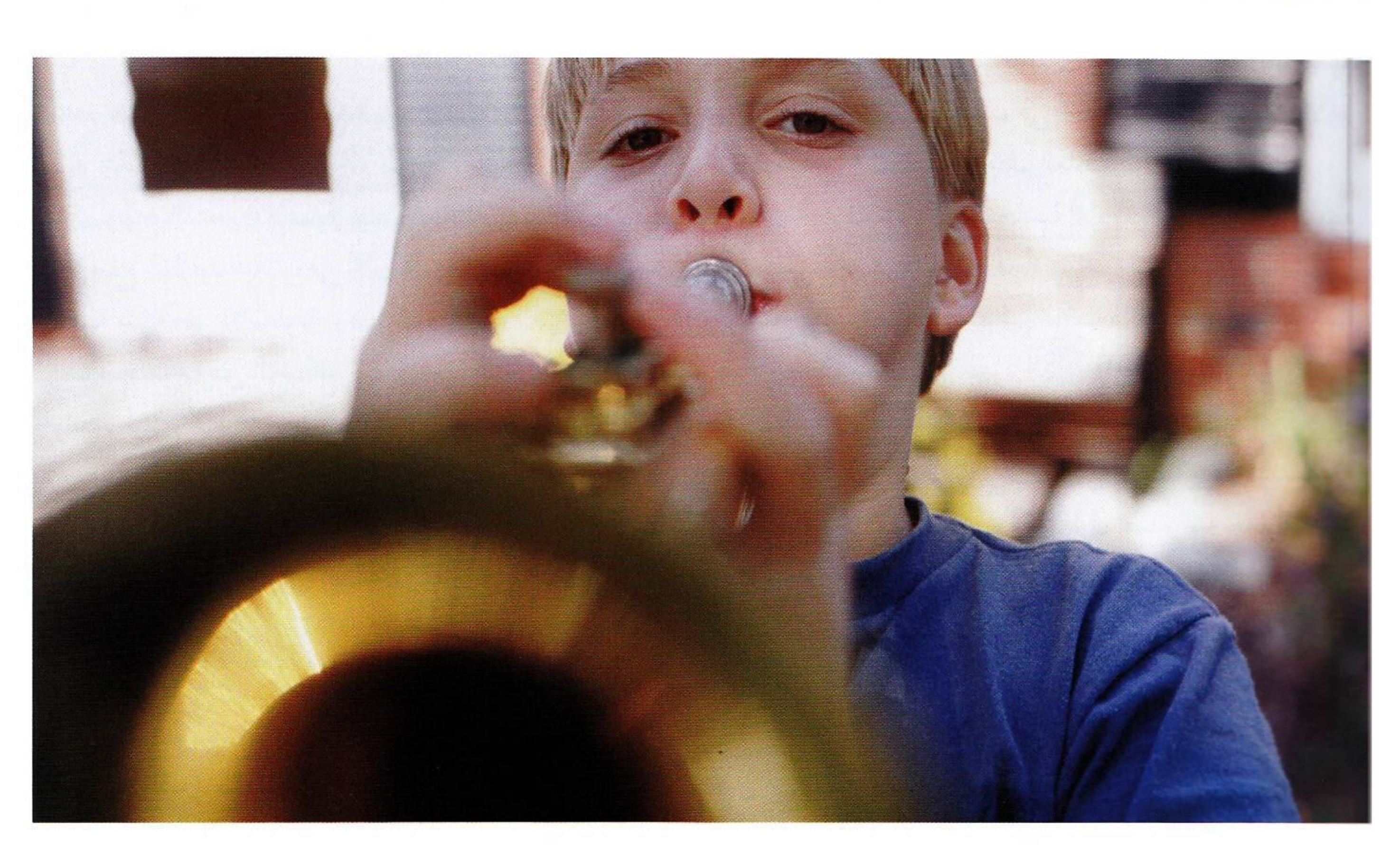
آلات النفخ الخشبية

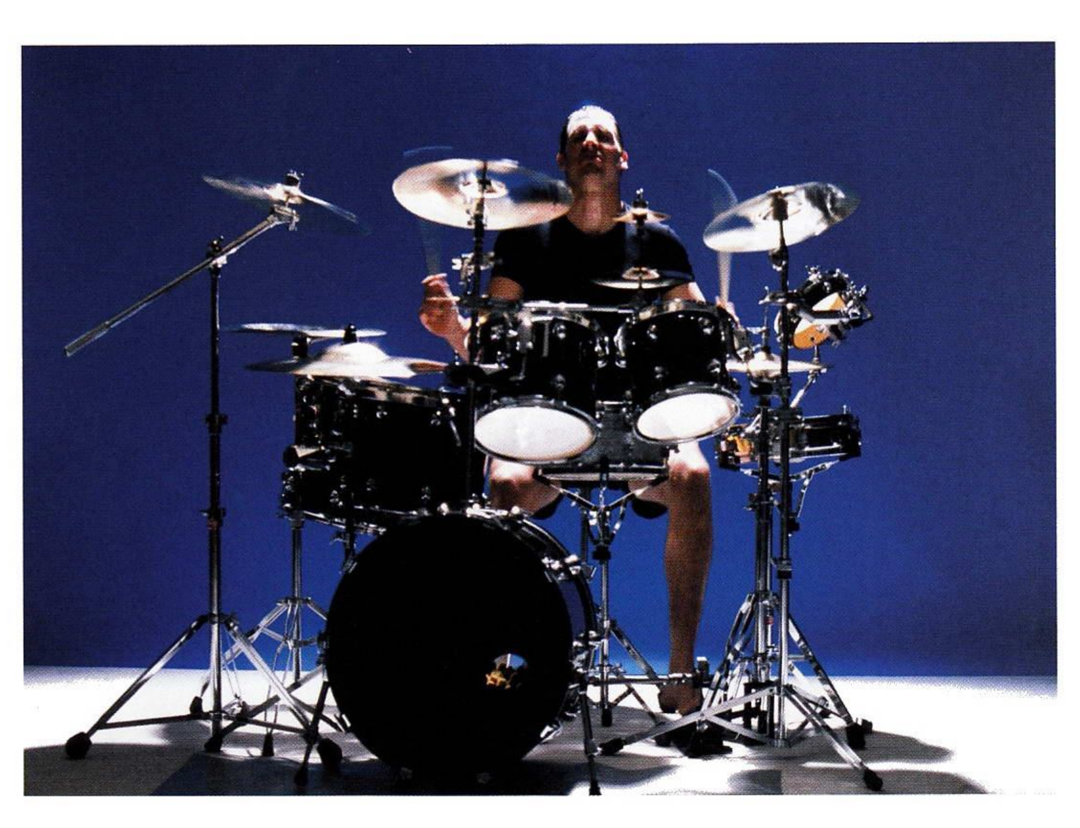
تنقسم آلات النفخ الخشبية أو آلات النفخ إلى نوعين. النوع الأول هو الناى المفتوح، والذى يشمل الناى (الفلوت)، والبيكولو (وهو ناى صغير)، والريكوردر (الناى الخشبى)، والبانبايب (وهو مزمار من سبع قصبات مختلفة الطول). والنوع الآخر هو المزمار، والذى يشمل الكلارينيت (نوع من النفير)، والأبوا، والباصون (وهو مزمار جهير الصوت)، والبوق الإنجليزى.

وآلات النفخ الخشبية عبارة عن إسطوانة خشبية مجوفة لها فتحات فى أماكن معينة مرتبة على طولها. ويهتز عمود الهواء داخل الآلة فيهز جوانبها؛ فتنتقل الذبذبة إلى الهواء خارجها وتصدر الأصوات. وتحدث الاهتزازات فى عمود الهواء داخل الآلة عندما ينفخ العازف فيها. وتعتمد طبقة النغمة الصادرة على

العازف الإنجليزى كورتنى باين (1964-) من أعظم عازفى آلة الساكسفون فى العصر الحديث. وعلى الرغم من أن الساكسفون مصنوع من النحاس، فإنه يعتبر آلة نفخ خشبية؛ لأن اللاعب ينفخ فيه عبر «المبسم».

الترومبيت آلة نحاسية. وتعتمد على وضع العازف فمه بالطريقة السليمة ليدفع مجرى هوائيًا فى «المبسم»؛ فتحدث الذبذبات التى تصدر عنها النغمة.





الطبول هى أهم آلات الإيقاع. وفى هذه الصورة نرى طاقم طبول نموذجيًا لموسيقى الجاز والروك والبوب. ويتكون الطاقم من طبل جهير، ينقر عليه باستخدام دواسة قدم، وفوقه طبلتان صغيرتان، وهما اللتان ينقر عليهما العازف الإيقاع الرئيس باستخدام عصى الطبل. وإلى يمين العازف هناك طبلة أرضية عميقة، ثم صنج مرتفع. وإلى يساره الطبلة المطوقة قليلة العمق، وصنج ثان، و«القبعة العليا»، والتى تتكون من صنجين يصطدمان معًا عند ضربهما.

طول عمود الهواء، تمامًا مثلما تعتمد درجة النغمة فى الوتريات على طول الوتر. ويستطيع العازف تغيير طول عمود الهواء بتغطية الفتحات باستخدام مفاتيح معينة أو بوضع أصابعه عليها. وهذا يغير من طبقة النغمة.

وعازف (أو عازفة) الفلوت لا ينفخ مباشرة فى الآلة، ولكنه يزم شفتيه ليدفع بمجرى هوائى عبر الفتحة بالقرب من نهايتها. والهواء المندفع عبر الفتحة يبدأ فى دفع الهواء داخل الآلة. وهناك ست أو سبع فتحات أخرى مغطاة بروافع تسمى مفاتيح. ويقوم العازف بإغلاق أو فتح الفتحات لإصدار نغمات مختلفة.

ولا ينفخ العازفون مباشرة فى آلات المزمار أيضًا. وإنما ينفخون فى قصبة مثبتة على الإسطوانة. وهذا أشبه بالهواء الذى يهب على أطراف مجموعة من الحشائش يحف بها النخيل من جميع الجوانب، فينتج عنه صوت طنين مرتفع. فالنفخ يجعل المزمار يهتز، وهذا الاهتزاز تنتج عنه اهتزازات فى العمود الهوائى داخل الآلة. وآلة الكلارينيت لها قصبة واحدة، بينما لكل من الأوبوا والباصون والبوق الإنجليزى قصبتان. وآلة الساكسفون، والتى تستخدم أساسًا فى موسيقى الجاز والمؤلفات الراقصة، لها قصبة واحدة. وهذه الآلة من أحدث آلات المزمار، اخترعت فى القرن التاسع عشر على يد صانع الآلات الموسيقية البلجيكى أنطوان جوزيف (أدولف) ساكس (1814-1894)، والذى سميت الآلة باسمه. ويعتبر الساكسفون من آلات المزمار على الرغم من أنه مصنوع من النحاس.

النحاسيات

تتكون عائلة الآلات النحاسية من الترومبيت، والترومبون، والتوبا، والبوق الفرنسى. والنحاسيات بسيطة للغاية فى تصميمها، فهى تتكون من أنبوب له مبسم فى أحد طرفيه، وفى الطرف الآخر اتساع جرسى الشكل. ويقوم فم العازف بدور القصبة.

وطريقة عزف الآلات النحاسية هى أن يقوم العازف بوضع شفتيه على المبسم، ثم يقوم فجأة بسحب لسانه من بين الشفتين وهو ينفخ مباشرة فى المبسم فى الوقت ذاته. وهذا يدفع بتيار من الهواء يبدأ الذبذبات فى عمود الهواء داخل الآلة. ويغير العازف طبقة النغمة بزم الشفتين وتغيير جهدهما.

وكل طول من أطوال الأنبوب يمكن أن تصدر عنه سلسلة من النغمات، تسمى الهارمونيات، وكل طول تصدر عنه نغمة أساسية، هى الهارمونية الأولى أو النغمة الأولى. ولكن لكى يصبح من الممكن إصدار كل الهارمونيات، فلابد أن يكون الأنبوب طويلاً جدًا. ومن ثم أضيفت إلى الترومبون قطعة آلية منزلقة لإطالته. فى الترومبيت، أضيفت ثلاثة صمامات يتصل كل صمام منها بطول معين من الأنبوب. وهذه القطعة المضافة مصنوعة بطريقة تجعلها

تشغل حيزًا أقل. وعندما يتم الضغط على أحد الصمامات، تفتح جزء الأنبوب المتصل بها، ويمر الهواء عبره. وبهذه الطريقة تكون المسافة التى يقطعها الهواء أطول، ويصبح الأنبوب أساسًا أطول. والصمامات الثلاثة تجعل الترومبيت قادرًا على إنتاج المجال الكامل للنغمات الموسيقية.

آلات النقر أو الآلات الإيقاعية

كلمة النقر معناها الدق أو الضرب بخفة؛ فآلات النقر هى الآلات التى تُضرب أو يدق عليها. وتشمل هذه الآلات الطبول، والأجراس التى على شكل القرص، والنواقيس، والإكسيلفون. والدور الرئيس الذى تقوم به آلات النقر هو المساعدة فى جعل الإيقاع الموسيقى أكثر وضوحًا، ومن هنا توصيفها بأنها «آلات إيقاعية».

تتكون الطبول من إطار يشد فوقه قطعة أو أكثر من رقائق الجلد. وفى الغالب يتم صنع الإطار على شكل وعاء، لكنه يمكن أن يكون أيضًا على شكل طوق متسع وقليل العمق. ويعمل الإطار تقريبًا بالطريقة ذاتها التى يعمل بها صندوق الصوت فى الكمان. فهو يجعل الصوت يستمر فترة أطول ويبدو مرتفعًا أكثر عندما تُضرب رقيقة الجلد. وكلما كانت مساحة الرقيقة أكبر ووعاء الإطار أكثر عمقًا، كان الصوت أكثر «دويًا». وهناك طبلتان كبيرتان هما: التمبانى والطبلة الباص، وكلتاهما مرتفعة الصوت بسبب حجمها.

والطبلة المطوقة مهمة جدًا فى موسيقى الجاز والروك والمؤلفات الراقصة. وتتكون الطبلة المطوقة من إطار كالطوق ورقيقة من الجلد على كلتا الناحيتين من الإطار. وقد سميت «مطوقة» لأنها مطوقة بأوتار تحت السطح السفلى من الطبلة. وهذه الأوتار تصدر صوتًا جافًا مقعقعًا عند نقر الطبلة.

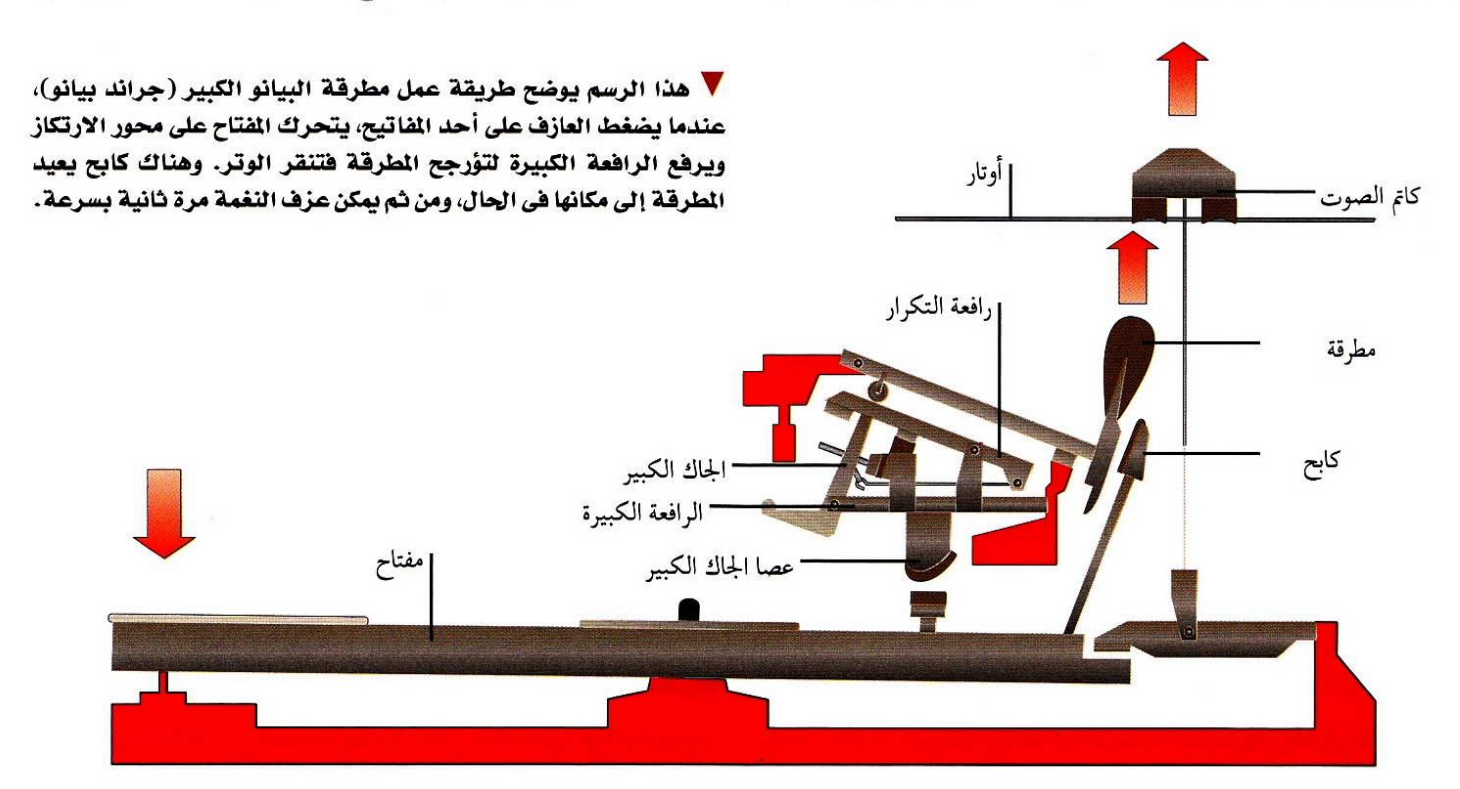
أما الطبلة التمبانى فهى الطبلة الوحيدة التى يمكن أن تصدر طبقات مختلفة. ويحدث ذلك بالنقر بخفة حول طرف رأس الطبلة، أو باستخدام دواسة موجودة على القائم (وهى وسيلة أسرع).

الآلات ذات لوحات المفاتيح

تعتبر الآلات ذات لوحات المفاتيح من ضمن آلات النقر؛ لأنها تحتوى على المطارق. والبيانو هو الآلة الرئيسة من هذا النوع، وقد أُلِّفَتْ له أشهر المقطوعات الموسيقية فى العالم.

الكلافيكورد

الطريقة التى يعمل بها الكلافيكورد بسيطة للغاية. فهناك مجموعة من الأوتار مشدودة على إطار خشبى. وكل وتر له كاتم صوت من اللباد عند أحد طرفيه. وتقع المفاتيح تحت الأوتار. ولكل مفتاح قطعة من المعدن، تُسمى المماس، على شكل طرف مفك المسامير اللولبية. والمفتاح له محور ارتكاز بالقرب من



▼ **هذا الرسم يوضح طريقة عمل مطرقة البيانو الكبير (جراند بيانو)، عندما يضغط العازف على أحد المفاتيح، يتحرك المفتاح على محور الارتكاز ويرفع الرافعة الكبيرة لتؤرجح المطرقة فتنقر الوتر. وهناك كابح يعيد المطرقة إلى مكانها فى الحال، ومن ثم يمكن عزف النغمة مرة ثانية بسرعة.**

وسطه، ومن ثم يمكن تحريكه. وعندما يضغط العازف على المفتاح يقوم المماس بنقر الوتر. ولا يتذبذب من الوتر إلا الجزء غير المكتوم. وعندما يضغط العازف بقوة تكون ضربة المماس أقوى وتكون النغمة أعلى. وعندما يرفع العازف إصبعه يعود المفتاح إلى وضعه ويقوم كاتم الصوت بإيقاف تذبذب الوتر.

الهاربسيكورد

الأوتار فى الهاربسيكورد تنقر بالريشة (وهى قطعة صغيرة من العاج)، بالطريقة ذاتها التى تستخدم لعزف الجيتار. وترتفع الريشة على قسم له محور ارتكاز، يسمى اللسان، وهو محمول على بنية تسمى الجاك. ويتحرك الجاك لأعلى عندما يضغط العازف على المفتاح.

واللسان موضوع بطريقة تجعل الريشة تنقر الوتر وهى ترتفع لأعلى، ثم تتأرجح خلفًا لتجنب نقره مرة أخرى وهى فى طريقها لأسفل. ويحمل الجاك أيضًا كاتم صوت ليوقف الوتر عن التذبذب بمجرد أن يترك العازف المفتاح.

ويمكن للهاربسيكورد أن يكون أعلى صوتًا من الكلافيكورد بكثير، لأنه يمكن نقر مجموعتين أو ثلاث من الأوتار معًا. ولكن عملية النقر تقلل من فرص العازف فى عمل تنويعات صوتية أكثر.

البيانو

كان الموسيقيون فى القرن الثامن عشر يتطلعون إلى آلة ذات لوحات مفاتيح تجمع بين تأثير المطرقة والتنويعات النغمية للكلافيكورد، والصوت المرتفع للهاربسيكورد. كما كانوا يريدون العزف بطريقة لا تجعل النغمات لمجرد أنها أكثر ارتفاعًا أو انخفاضًا كما هى الحال فى الهاربسيكورد، ولكن بدرجات كثيرة ومختلفة. اخترع صانع الآلات الموسيقية الإيطالى بارتولوميو دى فرانشسكو كريستوفورى (1655-1731) البيانو فى عام 1711 تقريبًا للجمع بين مميزات الهاربسيكورد والكلافيكورد. واستطاع العازفون بهذا الاختراع أن يعزفوا أصواتًا أكثر مما كان متاحًا لهم من قبل، وأن يصلوا بالتعبير إلى أوسع مجال.

والاسم الكامل للبيانو هو «بيانوفورتى» pianoforte. وهو اسم يعبر عن مجال الأصوات الواسع الذى يمكن للآلة أن تصدره. وكلمة بيانو piano فى اللغة الإيطالية تعنى «ضعيف» أو «خفيض»، وكلمة «فورتى» forte تعنى «قوى» أو «مرتفع».

والبيانو الذى يستخدم فى الحفلات الكبيرة هو البيانو الكبير أو جراند بيانو. وهو بيانو كبير مكتمل الصوت، له صندوق أفقى رتبت فيه الأوتار أفقيًا. أما البيانو القائم ـ وهو النوع الموجود فى معظم المنازل ـ فقد تم صنعه فى القرن التاسع عشر. وهو يصدر نغمات أضعف لكنه يأخذ مكانًا أقل؛ لأن الأوتار فيه تكون رأسية.

المطارق

تعتمد طريقة عمل البيانو، أو «التقنية» على الضغط بالأصابع على المفاتيح لتحرك مطارق مغطاة باللباد فتضرب الأوتار المختلفة. ولا يقوم المفتاح بدفع المطرقة لضرب الوتر بشكل مباشر، ولكنها تتأرجح على محور ارتكاز مفصلى يجعلها تضرب بقوة على الوتر عند الضغط على المفتاح.

وبمجرد أن تحدث الضربة، تقع المطرقة إلى الخلف، حتى لو ظل العازف ضاغطًا على المفتاح. وهذا يمنع المطرقة من كتم الوتر بعد ضربه. وهناك أيضًا قطعة تسمى الكابح أو الفرامل تمنع المطرقة من العودة إلى الوتر. ويتم كتم صوت الوتر برافعة أخرى، وهذه الرافعة متصلة بالمفتاح مباشرة. وعندما يرفع العازف إصبعه من فوق المفتاح تقوم هذه الرافعة بكتم الصوت.

أجهزة السينثسايزر أو الآلات الموسيقية الإلكترونية

هى أجهزة تستخدم الإشارات الكهربائية لإصدار الأصوات. تقوم الآلات التقليدية بعمل اهتزازات أو ذبذبات لإصدار النغمات، أما الآلات الموسيقة الإلكترونية فهى تقوم بعمل إشارات ترددية كهربائية تتحكم فى مكبرات الصوت (الميكروفونات)، والتى تتذبذب لإصدار الأصوات.

وعلى الرغم من أن أجهزة السينثسايزر يمكن أن تقوم بمحاكاة أى آلة أخرى تقريبًا، إلا أن لها أيضًا القدرة الفريدة على خلق أصوات جديدة تمامًا. وهى فى العادة مجهزة بلوحة مفاتيح شبيهة بلوحة مفاتيح البيانو، وكل مفتاح يختص بفتح وإغلاق دائرة إلكترونية. ويمكن التحكم فى الآلات الموسيقية الإلكترونية أيضًا بطرق تحاكى المباسم، والآلات الشبيهة بالجيتار، والطبول. وتتكون جميع الآلات الموسيقية الإلكترونية من ثلاثة أجزاء رئيسة: دائرة كهربائية لإصدار الإشارة الترددية، وفلاتر لتعديل الإشارة لإخراج الأصوات المطلوبة ـ ويتم ذلك أساسًا بإتمام



◄ كانت الآلات الموسيقية الإلكترونية الأولى عبارة عن آلات شديدة الضخامة وعادة ما كانت تملأ غرفة كاملة، وبها العديد من المقابض والأزرار لتعديل الصوت. أما الآلات الموسيقية الإلكترونية الحديثة فيمكن أن تكون برنامج كمبيوتر بسيطًا يتم التحكم فيه باستخدام كمبيوتر مكتب عادى.

«النغمات التوافقية» ـ ومكبر صوت للتحكم فى مدى ارتفاع كل صوت. والتجهيز الكامل لكل صوت يسمى «مظروفًا». وبينما يتمكن العازف على الآلة التقليدية من إصدار الموسيقى بعزف سلسلة من النغمات، واحدة بعد الأخرى، يقوم السينثاسايزر بفتح المظاريف وغلقها بالتتابع الصحيح. ولهذا تُسمى برمجة السينثاسايزر أحيانًا «التتابع» Sequencing.

كانت لأجهزة السينثاسايزر الأولى إشارة ترددية واحدة، وفلتر، ومكبر صوت، وكانت تسمى بالآلات وحيدة الصوت ـ أى أنها لا تستطيع أن تلعب إلا نغمة واحدة فى الوقت ذاته. أما الآلات الإلكترونية الحديثة فلها 32 أو 64 أو 128 مجموعة، وهى متعددة الأصوات ـ أى أنها تستطيع أن تلعب نغمات متعددة فى الوقت ذاته. ومعظم أجهزة السينثاسايزر أيضًا «متعددة الأصوات»، أى أنها تستطيع إصدار أنواع مختلفة من الأصوات فى آنٍ واحد. وهذا يعنى أن جهاز سينثاسايزر واحد يمكن برمجته لتأدية كل الأدوار فى أوركسترا مكتمل فى وقت واحد. ولهذا يقوم المؤلفون الموسيقيون المحدثون بتأليف وأداء كل أجزاء المقطوعة المؤلفة باستخدام سينثاسايزر متصل بكمبيوتر منزلى، ولوحة مفاتيح.

وأحيانًا تقوم الآلات الموسيقية الإلكترونية بتوليد الأصوات الخاصة بها داخليًا. ومعظمها يستطيع أيضًا أن يستخدم «عينات». فهى تأخذ أجزاء صغيرة من الأصوات الأخرى، وتجهزها إلكترونيًا، ثم تقوم بتخزينها لتكون جاهزة للاستخدام عند الحاجة. ويمكن أن تكون العينة أى شىء، من غناء الطيور إلى أغنية بوب كاملة. وأحيانًا يسمى تجهيز العينات وتخزينها بـ «تركيبات القائمة الموجية». ولا يمكن للسينثاسايزر أن يحاكى أصوات الآلات الحقيقية بالضبط بالأصوات التى يقوم بتخليقها داخليًا. ولهذا يفضل الكثير من الموسيقيين تخزين مسارات صوتية للآلات الموسيقية المختلفة باستخدام عينات من الآلات الحقيقية.

وقبل أوائل سنوات 1980، كان لكل سينثاسايزر نظام التحكم الخاص به. ولكن فى عام 1982 اتفق صُنّاع هذه الآلة على نظام قياسى يسمى الواجهة الرقمية للموسيقى الآلية (والاسم بالإنجليزية هو Musical Instrumental Digital Interface ويختصر إلى كلمة ميدى MIDI). وقد ساعد ذلك على سهولة الاتصال بين كل الآلات الموسيقية الإلكترونية والكمبيوترات.

والسينثاسايزر الأصلى جهاز معقد له كثير من المفاتيح والصناديق ولوحات المفاتيح. أما الآن فيمكن عمل كل شىء باستخدام كمبيوتر مكتب عادى (desktop computer)، ومن ثم يمكن لكمبيوتر المكتب أن يصبح سينثاسايزر. ولا يحتاج الكمبيوتر إلا إلى البرنامج المناسب. والجهاز الآخر المطلوب هو جهاز التحكم ـ وهو عادة لوحة مفاتيح شبيهة بلوحة مفاتيح البيانو ـ ونظام ميدى (MIDI)، وهو الأداة التى تجعل الكمبيوتر يفهم الأوامر التى تصدرها لوحة المفاتيح.

الإلكترونيات

حدث تقدم مذهل فى السنوات الأخيرة فى مجال الإلكترونيات. وأصبحت الأنظمة الكهربائية التى كانت تشغل حجرة كاملة فى السابق، تشغل الآن شريحة سيليكون فى حجم ظفر الإصبع. كما انخفضت تكلفة إنتاج الأنظمة الإلكترونية بشكل غير مسبوق. وتنتشر حولنا نتائج هذه الثورة الإلكترونية على هيئة التليفون المحمول وأجهزة التليفزيون والكمبيوترات الشخصية.

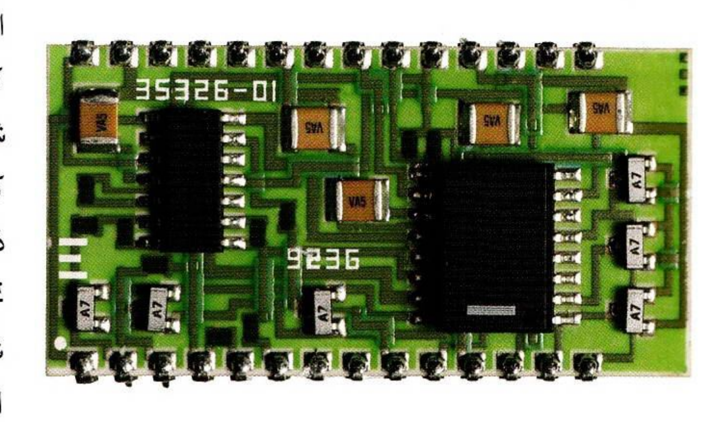
إن الإلكترونيات نوع من التكنولوجيا التى تستعمل الإشارات الكهربائية لأداء مهام متعددة. فالتليفون جهاز إلكترونى، يقوم الميكروفون داخله بتحويل الكلمة المنطوقة إلى إشارات كهربائية، يمكن بعد ذلك إرسالها من خلال سلك إلى تليفون آخر، ليقوم بدوره بإعادة تحويل هذه الإشارات إلى كلمات. ومن المعروف أنه يمكن استعمال الإشارات الكهربائية فى تمثيل كل أنواع البيانات مثل الصور على شاشة التليفزيون، أو الأرقام فى الآلة الحاسبة.

مولد الإلكترونيات

نشأت الإلكترونيات نتيجة الدراسات التى أُجريت على الكهرباء فى منتصف القرن التاسع عشر. ففى إحدى تلك التجارب، تم تمرير تيار كهربائى ذى فولت عالٍ عبر شريحتين معدنيتين داخل أنبوبة زجاجية، وعندما تم سحب الهواء من الأنبوبة لجعلها فى حالة فراغ نسبى، بدأ ما تبقى من هواء فى التوهج، وكذلك توهج الزجاج؛ ذلك لأن الشريحة السالبة (القطب السالب) كانت تبث أشعة غير مرئية (أشعة الكاثود) هى التى اصطدمت بالزجاج وجعلته يتوهج. عرف العلماء فى النهاية أن هذه الأشعة كانت عبارة عن تيارات من الجسيمات الدقيقة، التى تعرف الآن باسم الإلكترونات. لم يكن لهذه الأنابيب المفرغة أى فائدة عملية، بخلاف استعمالها فى التجارب، ولكنها على أية حال، شكلت فى النهاية الأساس لأنابيب أشعة الكاثود المستعملة فى أجهزة التليفزيون.

▼ يمكن لمعالج المعلومات الصغير جدًا للكمبيوتر الشخصى، مثل هذا الموديل، أن يستوعب 40 مليونًا من الترانزستورات على شريحة سيليكون واحدة. لذلك فإن باستطاعة الكمبيوتر الحديث التعامل مع كم هائل من المعلومات بسرعة كبيرة.





▲ تصل لوحة الدائرة الكهربائية بين المكونات الإلكترونية، مثل المكثفات، والترانزستورات، والشرائح الدقيقة (المستطيل الأسود الكبير الذى يشاهد فى وسط الجزء الأيمن من هذه الصورة). للوحات الدوائر الكهربائية استعمالات فى مختلف المنتجات الإلكترونية، بما فى ذلك التليفون المحمول وأجهزة الكمبيوتر.

التليفونات والإرسال اللاسلكى

اخترع التليفون فى السبعينيات من القرن التاسع عشر على يد العالم الأمريكى، الاسكتلندى المولد، ألكساندر جرهام بل (1847– 1922). وكانت الاتصالات التلغرافية تستعمل الإشارات الكهربية لحمل رسائل مشفرة عبر الأسلاك. لكن جهاز «بل» كان الجهاز الأول الذى استعمل الإشارات الكهربائية لنقل الكلمات المنطوقة. أما التقدم التالى، فكان إرسال واستقبال الإشارات بدون استعمال الأسلاك. وقد قُدم أول عرض للإرسال اللاسلكى فى عام 1887، بواسطة عالم الطبيعة الألمانى رودولف هرتز (1857–1894). أُرسلت فى البداية إشارات كهربائية عبر مسافات قصيرة، وباستعمال أجهزة بسيطة، ولكن التقدم المستمر أدى إلى إمكانية إرسال الكلمات المنطوقة فى التسعينيات من القرن التاسع عشر. وظهرت بعد ذلك معدات كثيرة لتحسين نوعية الإشارات اللاسلكية، ولكن الأنبوبة المفرغة ظلت أهم هذه الأجهزة جميعًا.

الصمام الثنائى (الدايود) والصمام الثلاثى (الترايود)

فى عام 1904، حصل المهندس الإنجليزى، المتخصص فى الطبيعة جون امبروز فليمنج(1849- 1945)، على براءة تسجيل أول أنبوبة مفرغة. وقد كان جهازه عبارة عن مصباح كهربائى معدل. وضع فليمنج شريحة معدنية داخل زجاجة المصباح، وفرَّغ معظم الهواء، ثم أعاد لحام الزجاج. وقد سميت هذه الأنبوبة المفرغة بالصمام الثنائى، لأنها تتكون من جزأين أساسيين، يُسمى كل منهما بـ«القطب» أو «الإلكترود» تنطلق الإلكترونات من شعيرة المصباح (السلك الرفيع) عند توهجها. فى صورة تيار كهربى يسرى من المصباح من خلال الشريحة المعدنية. إلا أن ذلك يحدث فقط إذا كانت الشريحة مشحونة بشحنة موجبة تجذب الإلكترونات سالبة الشحنة. ولا يمكن أن يسرى التيار إذا شحنت الشريحة بشحنة سالبة. سمح صمام فليمنج للتيار الكهربائى بالمرور فى اتجاه واحد فقط. وأى جهاز يفعل هذا الفعل يسمى مقومًا للتيار، ويمكن استعماله فى جهاز استقبال لالتقاط إشارات الراديو. وفى الحقيقة، فقد كان هذا هو السبب الذى من أجله صمم فليمنج الصمام الثنائى. فقد وجد فليمنج أنه يمكن الاعتماد والوثوق فى الصمام الثنائى، أكثر من أى جهاز آخر كان موجودًا فى ذلك الوقت، لالتقاط إشارات الراديو. ولكن فى عام 1907، قام المبتكر الأمريكى لى دى فورست (1873-1961) بتسجيل نموذج متطور من صمام فليمنج الثنائى، وسُمِّى بالصمام الثلاثى. كان جهاز دى فورست مشابهًا للصمام الثنائى، إلا أنه كان به قطب ثالث، على هيئة شبكة سلكية موضوعة بين القطبين الآخرين، حيث يتحكم جهد الشبكة فى مرور التيار فى الصمام. بإضافته للقطب الثالث، حول دى فورست جهاز فليمنج إلى مقوٍ للتيار، بالإضافة إلى عمله كمقوم. وباستعمال الصمام الثلاثى أصبح من الممكن صناعة مستقبلات للراديو، باستطاعتها التقاط إشارات الراديو الضعيفة جدًا.

نهضت الإلكترونيات كصناعة كبرى، عندما باع دى فورست فكرته للشركة الأمريكية للتليفون والتلغراف، بمبلغ 290,000 دولار. وقد استعملت الشركة الصمام الثلاثى لتقوية إشارات الاتصالات البعيدة. وفى فترة التوسع السريع التى تلت ذلك، تطور العديد من الأجهزة الالكترونية التى تستعمل الصمام الثلاثى، بما فى ذلك الرادار، والتليسكوبات اللاسلكية، والتليفزيون، وحتى أجهزة الكمبيوتر الإلكترونية المبكرة.

ثورة الإلكترونيات

فى عام 1947، قام كل من جون باردين(1908-1991) و وولتر براتين(1902-1987) ووليام شوكلى(1910-1989)، وهم من المتخصصين فى الطبيعة، ومن العاملين بمعامل «بل» للتليفون بولاية نيوجيرسى، باختراع الترانزستور، وهو أداة كهربائية صغيرة جدًا،

هل تعلم؟

تحتوى الشريحة الدقيقة النموذجية على ملايين الترانزستورات. والترانزستورات عبارة عن مفاتيح إلكترونية فى الأساس. والعدد الكلى للترانزستورات المنتجة فى الشرائح الدقيقة وغيرها من المكوِّنات الإلكترونية الدقيقة كل عام أكثر كثيرًا الآن من عدد حروف اللغة والأرقام التى تُطبع كل عام. كما أن عددها يصل إلى ما بين عشرة أضعاف ومائة ضعف النمل الموجود فى العالم.

ومثلها مثل الصمام الثلاثى، فباستطاعته تقوية الإشارات، وتقويمها، ولكنه أصغر منه كثيرًا فى الحجم، ويفوقه فى الكفاءة، وإمكانية الاعتماد عليه، أحدث الترانزستور ثورة فى صناعة الإلكترونيات. أما باردين وبراتين وشوكلى، فقد حصلوا على جائزة نوبل فى الطبيعة، فى عام 1956، تقديرًا لقيمة عملهم.

من حسن الحظ، أن الترانزستور ظهر فى ذلك التوقيت، حيث كانت بعض الأجهزة الإلكترونية ضخمة للغاية. فمثلاً، عندما تم تشييد أول جهاز كمبيوتر فى أثناء الحرب العالمية الثانية (1939– 1945)، كان يحتوى على أكثر من 18,000 أنبوبة مفرغة، وكثرت احتمالات الأعطال مع هذا العدد الضخم. أما مع كمبيوتر مماثل مشيد باستعمال الترانزستور فكانت الأعطال نادرة. كما أنه كان يشغل حيزًا أقل، ويستعمل فقط جزءًا من الطاقة اللازمة. تصنع جميع الترانزستورات الحديثة من بلُّورات مواد تسمى بأشباه الموصلات، وأكثر أشباه الموصلات استعمالاً فى الصناعة الإلكترونية هو السيليكون. وبما أن الترانزستورات تتحكم فى أسلوب حركة الإلكترونات داخل هذه المواد الصلبة، لذا سميت بـ«تجهيزات المواد الصلبة».

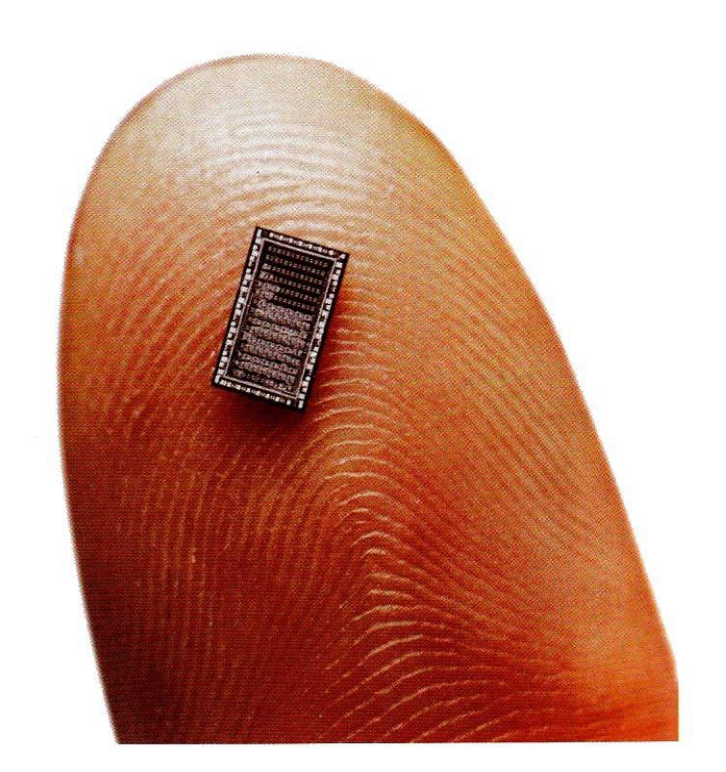
الشريحة المصغرة جدًا

تم تصغير الدوائر الكهربائية فى هذه الأيام، إلى درجة كانت تبدو مستحيلة فى السابق، حيث يجرى حفر الدوائر الصغيرة على شرائح من السيليكون، لا يزيد قطرها عن جزء بسيط من البوصة، ويمكن حشد آلاف الترانزستورات ومكونات أخرى على الشريحة، وتسمى إجمالاً بالدائرة المدمجة.

ثورة الشرائح الدقيقة

حلت الشرائح الرقيقة مكان الدوائر كاملة الحجم، وهى تعمل بسرعة أكبر كثيرًا منها، وتستخدم طاقة كهربائية أقل بكثير، وكفاءتها عالية. ولأنها شديدة الصغر، فهى تجعل من الممكن وضع قوة كمبيوترية هائلة فى حيِّز صغير جدًا.

بدأ ظهور الشرائح الدقيقة ثورة فى الإلكترونيات لا تزال مستمرة. كل الأجهزة الإلكترونية تزداد صغرًا فى الحجم. وبفضل الإلكترونيات الدقيقة ظهرت أجهزة شخصية صغيرة من الراديو والتليفزيون ومستقبلات التليفزيون (الريسيفر). والكمبيوتر الذى كان يملأ حجرة من المكونات المكلِّفة صغر حجمه وظهر كمبيوتر المكتب فى البداية لأعمال المكاتب ثم فى البيت. ثم أصبح هناك الكمبيوتر المحمول، على شكل اللاب توب، وكمبيوتر الجيب. وبدأ إدماج كمبيوتر الجيب فى التليفون المحمول، والتى لم تكن لتصبح ممكنة لولا وجود الإلكترونيات الدقيقة التى أمدتها بالإمكانيات الكمبيوترية المطلوبة لإجراء الاتصالات اللاسلكية بين ملايين المستخدمين.



◀ **يمكن اليوم صناعة شريحة دقيقة قوية بحجم بالغ الصغر. هذه الشريحة الدقيقة جدًا بالنسبة لطرف الإصبع يمكن أن تمد بطاقة تكفى لتشغيل كمبيوتر جيب صغير.**



تعتمد أجهزة الرقابة الطبية الحديثة على مستشعرات إلكترونية لقياس الوظائف الفسيولوجية. وتقوم محولات الطاقة بتحويل القياسات إلى إشارات كهربائية ثم تعرض الإشارات بشكل رقمي على شاشة.

صناعة متوسعة

تعد صناعة الإلكترونيات أكبر صناعة فى العالم اليوم، حيث تصل مبيعاتها الى أكثر من 2 تريليون دولار سنويًا. وتنقسم هذه الصناعة الضخمة إلى فروع متعددة. وأكثرها شهرة عند الناس هى الإلكترونيات الاستهلاكية، والتى تشمل أجهزة تسجيل الصوت والصورة، والتليفونات المحمولة، والكمبيوترات، وأجهزة التليفزيون، وألعاب الفيديو، بالإضافة إلى أدوات وتجهيزات أخرى كثيرة. تتناول صناعة الإلكترونيات أيضًا التحكم فى مختلف مراحل المصانع، والتشغيل الآلى، وأنواع الروبوتات. كما تمخضت ابتكارات الإلكترونيات فى مجال الدفاع والطيران، عن تطورات عدة مثل قائد الطائرة الآلى وإدارة الأقمار الصناعية، وأدوات الحرب المعقدة.

وهناك فروع أخرى ينظر إليها الآن كمواضيع قائمة بذاتها، وتشمل الحسابات الخاصة بالأعمال، والاتصالات عن بعد. وبالرغم من أن الإلكترونيات المستعملة فى جهاز ستريو شخصى تختلف عن الإلكترونيات المستعملة لإرشاد الصواريخ، فإن الانتقال من النظم التماثلية (أنالوج) إلى النظم الرقمية قد أصبح مشتركًا تقريبًا بين كل فروع صناعة الإلكترونيات.

من التماثل إلى الترقيم

لعل أفضل الطرق لبيان التقدم نحو التكنولوجيا الرقمية، هو مقارنة جهاز معروض للبيع فى أحد المتاجر المحلية للإلكترونيات. فمنذ عشرين عاما كان جهاز الستريو يتكون من جهاز (صندوق) وجهاز آخر لشرائط التسجيل الصغيرة، وكلاهما يعمل على

◄ يضم هذا التليفون عددًا من التكنولوجيات الرقمية المتقدمة، بما فى ذلك راديو ثنائى الاتجاه (إرسال واستقبال)، وإمكانية التوصيل بالإنترنت. توجد داخل الجهاز لوحة دائرة كهربائية معقدة، تحتوى على العديد من الشرائح الدقيقة التى تتحكم فى كل وظيفة من وظائفه.

تسجيل الصوت بشكل تماثلى. أما الآن، فإن الأجهزة الصغيرة لتشغيل الاسطوانات المدمجة (CD) تعد مثلاً نموذجيًا لأجهزة الستريو الحديثة. تتماثل المكونات الإلكترونية داخل أجهزة تشغيل الأسطوانات المدمجة مع شبيهتها فى أجهزة تشغيل شرائط التسجيل الصغيرة وجهاز التقوية، لكن نوعية الصوت تحسنت كثيرًا.

على الدوائر الكهربائية فى الأجهزة التماثلية أن تتعامل مع الصوت فى هيئة تغيرات فى فرق الجهد. وتمثل تغيرات فرق الجهد صورة طبق الأصل من تغيرات الصوت. ويتسبب أى خلل فى الدائرة الكهربائية فى تشويه الصوت. وحتى أن أكثر وحدات الأجهزة التماثلية تقدمًا، تضيف قليلاً من الشوشرة.

وعلى النقيض من ذلك، فإن الدوائر الكهربائية الرقمية تتعامل مع الصوت فى هيئة رقمية. وكلمة رقمية تعنى ببساطة «بالأرقام» وعلى ذلك، فإن مستوى الصوت فى أية لحظة، يتم تسجيله كرقم، فحتى إذا اختلفت قوة التيار الكهربائى، يظل الرقم كما هو، وتستطيع الأجهزة الإلكترونية التعرف على الرقم، حتى فى حالة حدوث خلل ما فى التسجيل.

التليفزيون الرقمى

تطور التليفزيون أيضًا نحو التكنولوجيا الرقمية. وتدخل الإلكترونيات الرقمية فى الوقت الحالى فى حوال 10% من المائة مليون جهاز تليفزيون التى يتم بيعها على مستوى العالم كل سنة. إلا أن نقل الإشارات مازال يتم بالأسلوب التماثلى. ومن المتوقع أن ياتى التقدم إلى بث رقمى بالكامل بفوائد عديدة للمشاهدين. فى أمريكا، تتبع صور التليفزيون حاليًا قواعد عيارية تم وضعها بعد الحرب العالمية الثانية. حيث تتكون كل صورة من 525 خطًا منفصلاً، أما فى التليفزيون الحديث عالى التحديد، فقد تضاعف الرقم إلى 1050 خطا مما يضفى تحسنًا على وضوح الصورة. كما أن شاشات التليفزيون عالى التحديد أكثر اتساعًا، وتشابه الأفلام المعروفة باسم «سينما سكوب»، وتشتمل على تجهيزات صوت ستريو مثل نوعية الـ (CD).

هل تعلم؟

الترانزستورات فى المكونات الإلكترونية الدقيقة المتقدمة يمكن أن تفتح الدوائر الإلكترونية وتغلقها تريليون مرة فى الثانية (أى ألف مليار مرة فى الثانية). وإذا حاول شخص إغلاق وفتح مفتاح الضوء تريليون مرة، فيمكن أن يستغرق هذا منه أكثر من 15 ألف سنة.

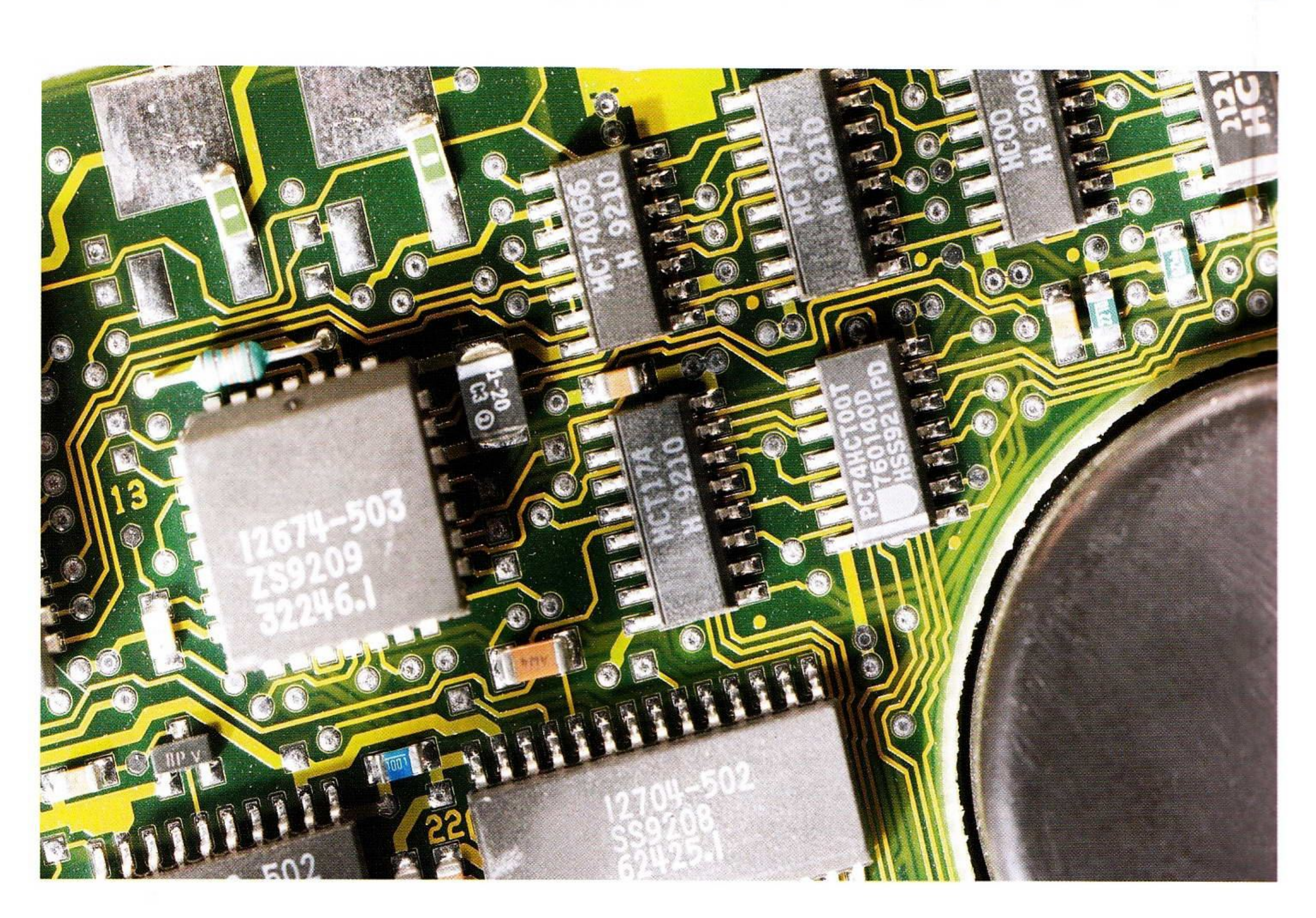
التقارب

الكلمة الطنانة هذه الأيام فى عالم الإلكترونيات هى التقارب. والتقارب هو الوسيلة التى يتم بها اليوم الربط بين مختلف نواحى الصناعة التى كانت منفصلة بذاتها فى يوم من الأيام، مثل الربط بين علوم الكمبيوتر والاتصالات. ويجرى حاليًا التقارب بين مجالات أخرى فى الإلكترونيات بسبب التكنولوجيات الرقمية.

وستقوم معظم أجهزة الكمبيوتر الحديثة بعمل وظائف أخرى، أكثر من مجرد معالجة الكلمات والأرقام، حيث يمكن استعمالها لإرسال رسائل إلى محول خاص (مودم)، أو إلى أجهزة الفاكس حول العالم باستعمال البريد الإلكترونى (e-mail)، كذلك بإمكانها تسجيل الصوت أو تشغيل أسطوانات الصوت المدمجة، كما أن باستطاعتها عرض الفيديو. ويمكن للمستعملين التقاط صور من الفيديو، ثم إدراجها بعد ذلك فى منشورات يجرى إعدادها بواسطة برامج إعداد النشر. كما يمكنهم معالجة نفس اللقطات الثابتة، وتبديل الصور، وتغيير الألوان أو إضافة أجزاء أخرى. وبإمكان نفس الكمبيوتر تشغيل البرامج، المسجلة على أسطوانات مدمجة مشابهه للأسطوانات المدمجة العادية، إلا أنها تحتوى أيضًا على رسوم متحركة، وصور، ونصوص وفيديوهات.

كذلك أصبحت التليفزيونات أكثر تعقيدًا. حيث تشتمل أجهزة التليفزيون الحديثة على آليات لعرض بيانات. ولم يعد هناك فرق كبير الآن بين كمبيوتر متصل بشبكة التليفونات، وجهاز تليفزيون رقمى بالكامل متصل بشبكة كابلات تليفزيونية. وقد بدأ إطلاق نوع جديد من خدمات كابلات التليفزيون فى عدة مدن أمريكية، فى عام 1992، حيث خصصت لوحة مفاتيح للمشاهد بإمكانها إرسال إشارات عكسية من خلال الكابل الى أجهزة الكمبيوتر التى تدير نظام التليفزيون، وبدلاً من إدارة رقم تليفون يظهر فى أحد الإعلانات التجارية، أصبح باستطاعة المشاهد، باستعمال لوحة المفاتيح، أن يطلب شراء ما يشاء ببطاقته الائتمانية. كما أصبح بإمكان المشاهدين المشاركة فى عروض الإلعاب، وإرسال وجهات نظرهم فى الحوارات.

▼ **افتح أى جهاز من الأجهزة الإلكترونية، وسوف ترى شيئًا كهذا ـ مصفوفة من المكونات الإلكترونية الدقيقة متصلة معًا بخطوط ربط على لوحة دوائر مطبوعة.**



الإنارة

الإنارة هى الضوء الاصطناعى الذى صنعه الناس ليستطيعوا الرؤية بوضوح فى الأماكن المظلمة وفى أثناء الليل. كانت المصابيح الزيتية هى أول المصابيح التى استخدمها القدماء لإنارة الكهوف. أما الإنارة الحديثة فتشمل مدىً واسعًا من مختلف أنواع الضوء، من إنارة المنازل إلى لوحات إعلانات النيون وأنوار الشوارع الساطعة.

استخدم الناس الإنارة الاصطناعية، منذ عصور ما قبل التاريخ. فقد عُثر على أطباق مبقعة بالسناج (الهباب) يعود تاريخها إلى اثنين وعشرين ألف عام، وذلك داخل كهوف قديمة فى فرنسا. وبيّن هذا الكشف أن الفنانين فى العصر الحجرى استخدموا مصباحًا بدائيًّا لإنارة جدران الكهوف التى كانوا يرسمون عليها وكانت هذه المصابيح الحجرية القديمة عبارة عن كتل من الحجر الرملى اللين تم تجويفها ثم ملئت بكمية من الدهن أو الزيت القابل للاحتراق. وسرعان ما تعلّم الناس أن بامكانهم الحصول على ضوء يستمر لفترة أطول بكثير ويسهل التحكم فيه بأن يقوموا بجدل الألياف النباتية ثم غمسها فى دهن حيوانى أو جعلها تطفو فوق كمية من الزيت. وظلت الفتيلة هى العنصر الأساسى للإضاءة حتى اخترع الضوء الكهربى فى القرن التاسع عشر.

إن الفتيلة تسمح لكمية قليلة فقط من الوقود بالاحتراق فى وقت ما. والألياف المجدولة جيدًا فى الفتيلة تسمح بتكوين أنابيب شعرية دقيقة تسحب مقادير قليلة جدًّا من الوقود إلى أعلى نحو اللهب. وعندما تُشعل الفتيلة لأول مرة، تبدأ الألياف ذاتها بالاحتراق؛ لكن سرعان ما تعمل الخاصية الشعرية على سحب الوقود إلى أعلى، بتبخير الوقود بفعل حرارة اللهب، ليحترق هذا البخار بدلاً من الفتيلة.

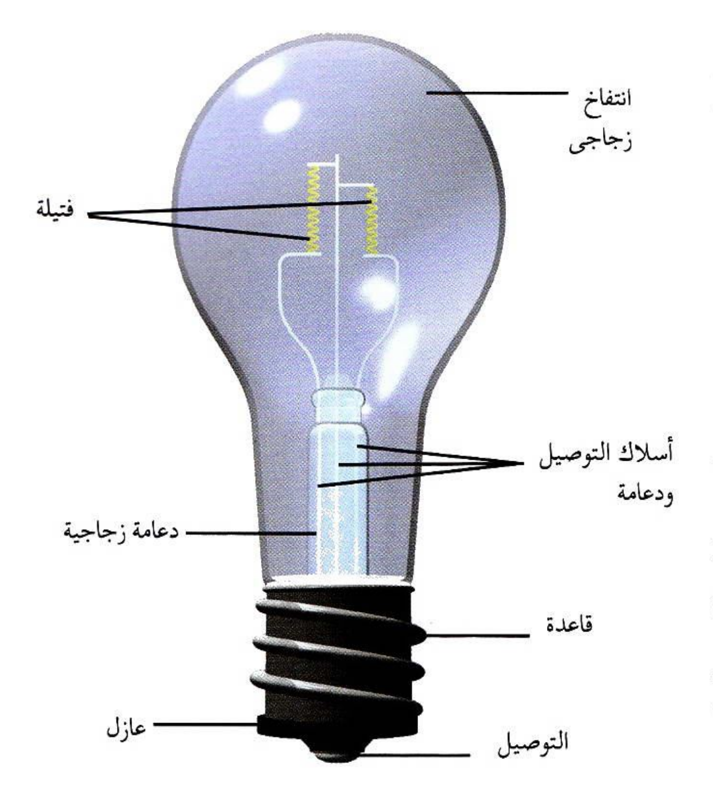
السَمَار، والشموع، والمشاعل

فى الحقيقة إنه يصعب إشعال نار فى كميه كبيرة من الزيت؛ ذلك لأن النار لكى تشتعل تحتاج إلى أكسجين، وتسحب الفتيلة الزيت إلى نقطة واحدة جيدة التهوية. وقد تمكن المصريون القدماء من الوصول إلى هذا التأثير، ذاته ولكن بطريقة مختلفة قليلاً. فقد كانوا يغطون عيدان السَمَار (وهو نبات نجيلى - يشبه البوص ينمو على حواف القنوات المائية) بطبقة من شمع النحل أو الشحم (الدهن الحيوانى)، ثم يشعلون طرف عود السَمَار. وظلت شموع السَمَار هذه تستخدم حتى منتصف القرن التاسع عشر، لأن السَمَار رخيص الثمن ومن السهل العثور عليه، وتجهيزه لهذا الغرض.

لكن الشموع كانت بديلاً ينتج إضاءة أقوى، وإن كانت أكثر تكلفة من عيدان السَمَار. ويعتقد أن الرومان هم أول من استخدم الشموع للإنارة. والشمعة هى مجرد فتيلة تمر خلال مركز قضيب من شمع النحل، أو الدهن، أو شمع البرافين. والأمر بسيط جدًا وعملى إلى درجة أن الشموع ظلت تمثل وسيلة الإنارة الرئيسية فى كثير من البيوت حتى انتشر استخدام الإنارة الكهربية. وفى العصور الوسطى، كانت تصنع أشكال مركبة من حوامل الشموع، تسمى



▲ **وفرت مصابيح الزيت البسيطة - مثل هذا المصباح فى الصورة - أفضل مصدر للإضاءة استخدمه الناس فى القرن التاسع عشر. كان خزان الزيت موجودًا داخل هذه السلطانية النحاسية. أما المدخنة الزجاجية، فكانت تسمح بدخول الهواء فى الوقت الذى تحمى فيه اللهب من التيارات الهوائية.**



◄ **هذا الرسم التوضيحى يبيّن تركيب لمبة (مصباح) ذات رتينة متوهجة. إن الفتيلة السلكية الرفيعة تومض وميضًا أبيض ساخنًا عندما يمر خلالها تيار كهربى.**

الثريات، أو الشمعدانات؛ وذلك لحمل أعداد كبيرة من الشموع لإضاءة حجرات كبيرة فى القلاع والكنائس وبيوت الأثرياء.

غير أن مشكلة الشموع تكمن فى أنها تنطفئ بسهولة؛ لذا لم يكن عمليًّا استخدامها فى المبانى المعرضة لتيارات الهواء أو فى إنارة الطريق فى الليل. لذا استخدم المسافرون والرحالة - منذ العصر الحجرى حتى بدايات القرن السادس عشر- مشاعل لإنارة الطريق أثناء سفرهم ليلاً. وتُصنع المشاعل من عصا - غصن شجرة مثلا- يربط أحد طرفيها بقطعه من القماش غمست فى القار أو الدهن الحيوانى أو الزيت. وكانت تخرج من هذه المشاعل عندما تحترق روائح كريهة ودخان كثيف.

مصابيح الزيت

أدخل الرومان تحسينات على مصابيح الزيت الحجرية البدائية، وذلك باستخدام أوعية مصنوعة من البرونز أو الفخار لحفظ الزيت فيها، مع إضافة يد لحملها وفتحة ضيقة (عين) لوضع الفتيلة. وظلت هذه المصابيح دون تغير يُذكر حتى نهاية القرن الثامن عشر. فى ثمانينيات القرن الثامن عشر، اخترع الكيميائى السويسرى إيميه أرجان (1755-1803) نوعًا جديدًا تمامًا من المصابيح الزيتية تبلغ قوة إنارته عند اشتعاله عشرة أمثال الإنارة الناتجة من مصباح الزيت التقليدى، بالإضافة إلى أن لهبه أنظف كثيرًا. ولم تكن الفتيلة عبارة عن شريط، لكنها كانت عبارة عن حلقة تشبه الجورب تُلف حول أنبوبة معدنية داخل مدخنة زجاجية (زجاجة المصباح). وتسحب المدخنة الهواء للداخل؛ لكى يكون اشتعال اللهب أكثر سطوعًا، كما أنها - المدخنة الزجاجية - تحمى اللهب من تيارات الهواء.

وقد أحدث مصباح أرجان ثورة فى حياة بيوت الأثرياء، ووفر ضوءًا ساطعًا فى الليل لأول مرة فى التاريخ. لكن مصباح أرجان كان يحرق بسرعة كمية كبيرة من الزيت؛ لذا لم يستطع استخدامه سوى الأغنياء.

أما الثورة الحقيقية فى الإنارة المنزلية فقد كانت اكتشاف الكيروسين فى خمسينيات القرن التاسع عشر - كمنتج ثانوى لصناعة البترول. وكان الكيروسين رخيصًا جدًّا واشتعاله أفضل كثيرًا حتى من زيت السمك وزيت الحوت اللذين كانا يستخدمان فى المصابيح قبل ذلك.

الإنارة بالغاز

وفى ذات الفترة تقريبًا التى اخترع فيها أرجان مصباحه، تمكن جورج نيكسون - من بلدة نيوكاسل- أبون- تاين فى انجلترا، من إنارة حجرة فى منزله بإشعال غاز الاستصباح، وهو منتج ثانوى للفحم. بعدها، سنة 1802، استطاع المهندس الأسكتلندى وليام مردوك (1754-1839) إنارة مصنع بأكمله باستخدام غاز الاستصباح. وكانت الإنارة بالغاز أرخص كثيرًا من مصابيح الزيت؛ مما مكّنَ عمليًّا من إنارة المصانع؛ فصار باستطاعة العمال العمل خلال الليل. وسرعان ما استخدم الغاز فى إنارة الشوارع؛ مما حوّل المدن إلى أماكن أكثر أمانًا فى الليل.

وفى سنة 1885، اخترع النمساوى أوبر فون ويلشباد (1858-1929) المصباح الغازى ذا الرتينة المتوهجة. ولم يكن الضوء الناتج من هذا المصباح آتيًا من لهب الغاز، ولكن من الوهج الساطع الناشىء من غطاء من السيراميك يغطى الغاز. وكان ضوء هذا المصباح أكثر سطوعًا، ولم يكن يحتاج سوى إلى تيار ضئيل من الغاز؛ مما مكّنَ من انتشار الإنارة بالغاز فى المنازل.

الإنارة الكهربية

يُعَدُّ عُمر الإنارة الكهربية من ذات عمر الإنارة بالغاز تقريبًا. ففى سنة 1809، حصل الكيميائى الإنجليزى همفرى دافى (1778-1829) على ضوء ساطع بأن صنع شرارة كهربية بين عمودين من الكربون (طرفين كهربيين). وفى سنة 1858، وضع مصباحًا قوسيًّا يعمل بهذه الطريقة فى منارة ساوث فورلاندز على الساحل الجنوبى لإنجلترا. لكن الإنارة القوسية كانت شديدة السطوع مما لا يناسب الاستخدامات المنزلية، كما أنها كانت تحتاج إلى مولدٌ لإمدادها بالطاقة. ومثلما لم يصبح استخدام الغاز شائعًا فى البيوت إلا بعد اختراع مصباح الرتينة، فقد احتاج الأمر إدخال المزيد من التطويرات لكى يصير بالإمكان استخدام الإنارة الكهربية فى المنازل. وأول هذه التطويرات كان اختراع (اللمبة) الكهربية، والثانى هو بناء محطات الطاقة الكهربية التى توصل الكهرباء إلى المنازل.

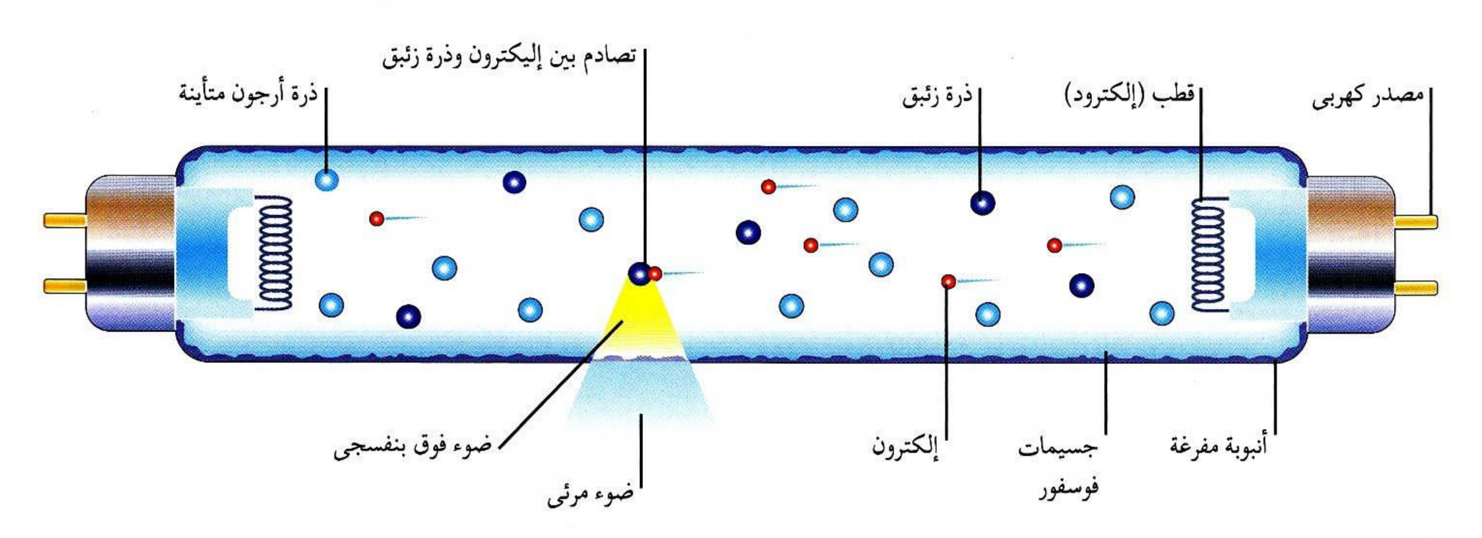
وجاء اختراع المصباح الكهربى (اللمبة الكهربية) فى أواخر السبعينيات من القرن التاسع عشر، على يد كل من الفيزيائى والمخترع الأمريكى توماس ألفا إديسون (1847-1931) والمخترع الإنجليزى جوزيف سوان (1823-1914). ولهذا المصباح سلك رفيع جدًّا إلى درجة أن يسخن ويتوهج وهجًا أبيض ساخنًا عندما يمر التيار الكهربى من خلاله. وعندما يسخن السلك، فإنه يحترق بسبب تفاعله مع الأكسجين الموجود فى الهواء. واستغرق الأمر وقتًا طويلا لإيجاد طريقة لإطالة عمر السلك. وكانت أولى المحاولات هى إدخال السلك فى بصلة زجاجية محكمة مفرغة تمامًا من الهواء. لكن هذه اللمبات لم تستمر سوى ساعات معدودة. واستبدلت خيوط (أسلاك) الكربون التى تستعمل فى اللمبات المبكرة بخيوط (أسلاك) صُنعت من معدن التنجستين الذى له درجة انصهار عالية جدًّا. غير أن أسلاك التنجستين لم تستمر طويلاً فى فراغ المصباح، لأن ذرات المعدن كانت تغطى السطح الداخلى للبَصَلَة الزجاجية أو الانتفاخ الزجاجى. وقد أمكن حل هذه المشكلة فى النهاية بملء البَصَلَةِ الزجاجية بغازى الأرجون والنيتروجين. وتحتوى كل اللمبات الحديثة على خليط من هذين الغازين.

فى البداية كان الأثرياء وحدهم، الذين يمتلكون مولدات كهرباء خاصة بهم. وعندما أدخل إديسون أول إمدادات كهربية عامة فى نيويورك1882، صارت الكهرباء متاحة للمستهلك العادى.

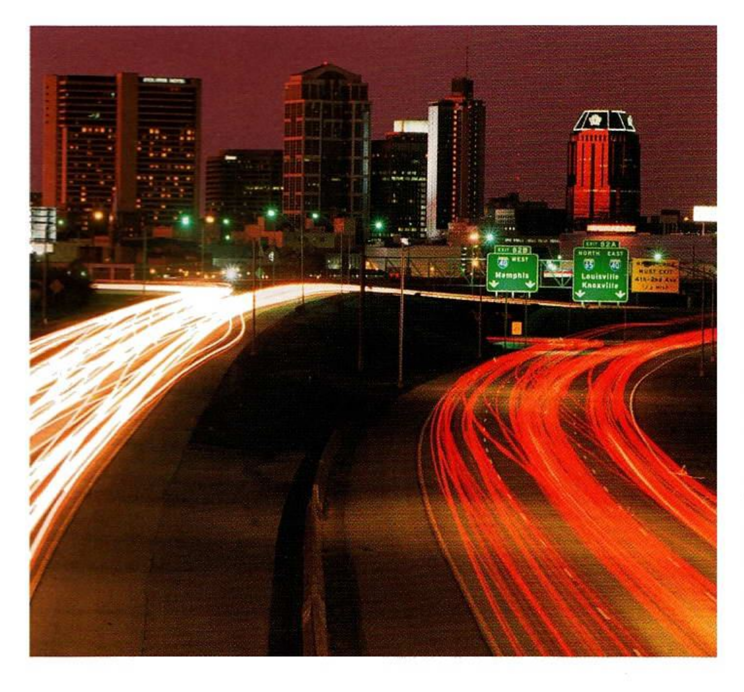
أضواء الفلورسنت

تعمل مصابيح الكهرباء التقليدية بتسخين السلك حتى يتوهج. ويتسبب ذلك فى فقدان كثير من الطاقة اللازمة لإبقاء السلك ساخنًا. لكن مصابيح الفلورسنت تتجنب فقدان الطاقة ذاك، فضلاً عن أن ضوءها أكثر سطوعًا وتستهلك قدرًا أقل من الطاقة الكهربية. وتعمل الإنارة بالفلورسنت عن طريق إرسال شحنة كهربية عبر أنبوب مملوء بغاز، وتعرف باسم أنابيب تفريغ الغاز.

صُنعت أولى هذه الأنابيب المضيئة فى بريطانيا سنة 1895 بواسطة المخترع دانيل ماك فرلان مور (1869-1936). واستخدم فى ذلك غاز ثانى أكسيد الكربون. وفى سنة 1910، قام المخترع الفرنسى جورج كلود (1870-1960) بصنع أنبوب مماثل ملأه بغاز



▲ **هذا الرسم التوضيحى يُظهر كيف يعمل ضوء الفلورسنت عن طريق التفريغ الكهربى، حيث ينبعث تيار من الإلكترونات التى تتصادم مع ذرات الزئبق وغاز الأرجون. وتلك الذرات المستثارة المنبعثة تسقط على جزيئات الفوسفور الموجود على الطبقة الداخلية للأنبوب مما يجعل الفوسفور يتوهج.**



◄ بالإضافة إلى الأنوار الحمراء والبيضاء المنبعثة من المصابيح الأمامية للسيارات، فإن الطرق السريعة تضاء ليلاً بأنواع شتى من أنوار التفريغ - لمبات بخار الزئبق الخضراء، ولمبات الصوديوم الصفراء، وأنوار النيون الحمراء التي تظهر على البعد.

النيون الذي يُعطي وهجًا أحمر. وكانت هذه أول إضاءة بالنيون.

تعتبر أضواء الفلورسنت نوعًا خاصًا من أنابيب الغاز المضيء. إنها تتكون من أنبوب زجاجي مطلي من الداخل بمسحوق الفوسفور. وعندما تثير الشحنة الكهربية الغازات في الأنبوب، تنبعث منها أشعة فوق بنفسجية غير مرئية تصطدم بطلاء الفوسفور الذي يغطي الجدار الداخلي للأنبوب؛ فيجعله يتوهج، وهذا الوهج - الوميض أو الفلورسنت - هو الذي يعطي الضوء المرئي المتوهج.

أضواء الإعلانات وإنارة الشوارع

باستخدام غازات وأبخرة وفوسفورات مختلفة داخل الأنابيب المضيئة، يستطيع مهندسو الإضاءة صنع أنوار من أي لون تقريبًا. وتضاء كثير من المكاتب والمدارس والمحلات بمصابيح الفلورسنت البيضاء. أما لوحات الإعلانات البراقة، فتصنع بمزج النيون مع غازات أخرى متنوعة. وبإشعال وإطفاء هذه الأنابيب المختلفة بتتابع مُتحكم فيه بدقة، يمكن تحريك الألوان والأشكال بصور شتى. بيْدَ أن هناك نوعًا ثالثًا من الأنابيب المضيئة يستخدم لإنارة الشوارع ومراكز انتظار السيارات وغيرها من المساحات المفتوحة.

ولسنوات طويلة، كانت أكثر مصابيح الشوارع شيوعًا هي مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض. وهي تتكون من أنبوبتيْن زجاجيتيْن، واحدة بداخل الأخرى. وتحتوي الأنبوبة الداخلية على صوديوم صلب وخليط من غازي الأرجون والنيون. وعند بدء التشغيل، يومض النيون باللون الأحمر. ومع ارتفاع درجة الحرارة، يتبخر الصوديوم ويومض باللون الأصفر. وأضواء الصوديوم رخيصة وساطعة، لكن ضوءها أصفر اللون؛ مما يجعل من الصعب رؤية الأشياء بوضوح.

لمبات بخار الزئبق

في المناطق الرئيسية غالبًا ما تستبدل لمبات الصوديوم بأضواء عالية الضغط، مثل لمبات بخار الزئبق، وتحتوي هذه اللمبات على بخار زئبق يكون وميضه ساخنًا إلى درجة أنه يعطي ضوءًا ساطعًا من دون طلاء الجدران الداخلية للأنبوب بالفوسفور، وترسل مصابيح بخار الزئبق ضوءًا ساطعًا، لكنه يكون مائلاً إلى الاخضرار؛ مما يجعل الأشياء ذات اللون الأحمر داكنة بشكل غير طبيعي.

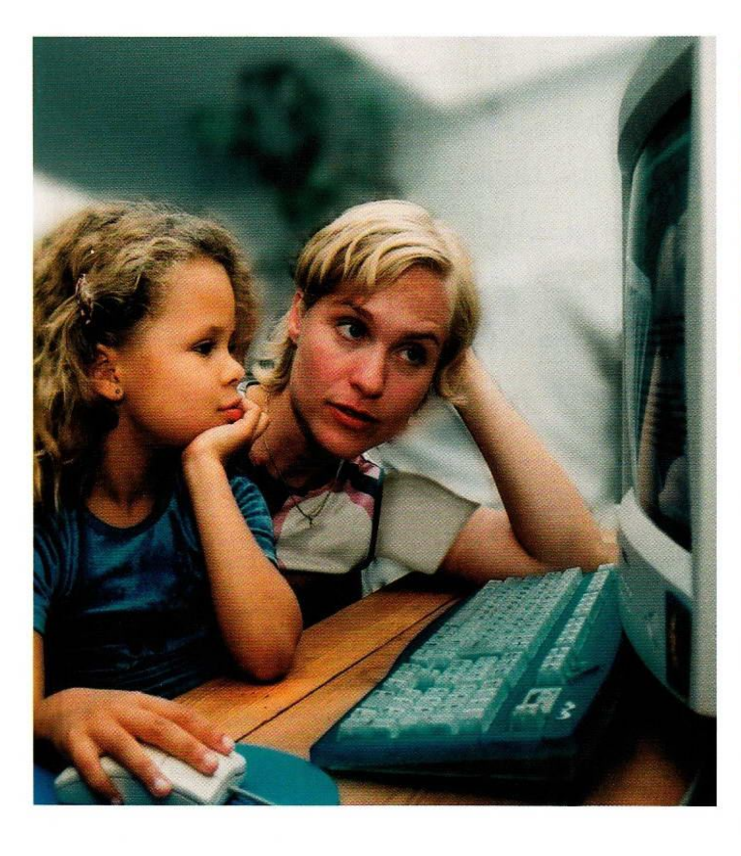
ومن الاعتبارات المهمة في إنارة الشوارع، توجيه أكبر قدر ممكن من الضوء في الاتجاه المطلوب. وتلعب العاكسات في مصابيح الشوارع دورًا مهمًا في تقليل الضوء المهدر المتجه إلى السماء.

عمر طويل، وطاقة قليلة

في السنوات الأخيرة، عكف مهندسو الإضاءة على محاولة صنع مصابيح تعيش فترة أطول، وتستهلك طاقة أقل. فاللمبات ذات الرتينة التقليدية تعيش نحو ألف ساعة ثم تحترق، وهناك الآن لمبات خاصة طويلة العمر يمكنها أن تستمر مدة أطول ثلاث مرات. ومن البدائل التي توصل إليها المهندسون، لمبات فلورسنت صغيرة ذات أنابيب ضيقة، إلى درجة أنه يمكن طيها على بعضها البعض؛ بحيث تبدو أشبه بلمبات الرتينة التقليدية، ولكن باستخدام خُمس كمية الطاقة. وهي تعيش مدة أطول 10-12 مرة من اللمبات العادية. وحيث إن 95% من تكلفة الإضاءة تذهب في استهلاك الكهرباء، ويذهب الباقي إلى إحلال مصابيح جديدة محل تلك المحترقة، فإن استخدام المصابيح الموفرة للطاقة يُعَدّ فعالاً من حيث تكلفته، على الرغم من سعرها العالي. وتعتبر الصمامات الثنائية المنتجة للضوء مصدرًا آخر من مصادر الإنارة الكفء في استخدام الطاقة؛ فالأنواع الأحدث من الصمامات الثنائية تنتج ضوءًا يكفي لاستخدامه في المصابيح الخلفية للدراجات.

الإنترنت

الإنترنت هى أحد وسائط الاتصالات الرئيسية فى العالم الحديث. يستخدمها الناس للاتصال بالأصدقاء والعائلة؛ وللوصول إلى كميات هائلة من المعلومات المخزنة على مواقع الشبكة، ولكى يكونوا على دراية بآخر الأخبار المهمة فى كل مكان فى العالم.



▲ **أصبح التجول على الشبكة وإرسال البريد الإلكترونى جزءًا من الحياة اليومية لكثير من العائلات. على الإنترنت، يستطيع الناس الآن أن يفعلوا أى شىء، من طلب البقالة إلى البحث من أجل أداء الواجبات المدرسية، إلى كسب أصدقاء جدد والاستماع إلى الموسيقى.**

الإنترنت هى شبكة هائلة تربط حوالى نصف مليار كمبيوتر فى جميع أنحاء العالم. كما توصل الإنترنت أيضًا أنواعًا من تليفونات المحمول المجهزة خصيصًا، وبعض أجهزة التنظيم الشخصى المحمولة، وأجهزة التليفزيون. وعندما يدخل الناس على الإنترنت (أى يتصلون بالشبكة)، يمكنهم أن يتصلوا بأى جهاز آخر متصل بها.

وللدخول على الإنترنت، لابد أن يتصل الكمبيوتر بأحد الكمبيوترات الضخمة البالغ عددها 8 آلاف وتسمى بـ«مُوَفِّر خدمة الإنترنت» (والتى يختصر اسمها إلى آى اس بى)، وذلك من خلال خط تليفونى أو كابل اتصالات، أو عن طريق القمر الصناعى. والمُوفِّرات بدورها متصلة بحوالى مائة كمبيوتر عملاق، تسمى الموزِّعات المركزية، موجودة حول العالم. وتنتقل المعلومات بين الموزعات المركزية بمعدلات خيالية، تحملها وصلات تُسمى «المسار الرئيسى» أو «الأعمدة الفقارية»، أو وصلات الشاحنات السريعة. ومعظم «الأعمدة الفقارية» هى خطوط من الألياف الضوئية، ولكنها يمكن أيضًا أن تكون كابلات عابرة تحت البحر أو وصلات بالقمر الصناعى.

كيف بدأت الإنترنت

ترجع أولى شبكات الكمبيوتر إلى ستينيات القرن العشرين، عندما قامت المؤسسات الكبرى والمؤسسات العسكرية والجامعات فى الولايات المتحدة بتوصيل كمبيوتراتها معًا لتبادل المعلومات. كانت المؤسسة العسكرية الأمريكية تعتمد بشدة على شبكة كمبيوتراتها، التى كانت تلعب دورًا مهمًا فى توجيه ترسانات الأسلحة وتلقى التحذيرات الدفاعية المبكرة. ولكن كمبيوترات المؤسسة العسكرية لم تكن تعمل بشكل مستقل، فإذا تلقى أحد الكمبيوترات ضربة من العدو، يمكن أن تنهار الشبكة كلها. وكانت الشبكة تبطئ إذا كان أحد الكمبيوترات يقوم بعمل يشغله بشدة. ومن ثم، فى 1969، أقامت المؤسسة العسكرية شبكة تسمى «أربانِت» أو «شبكة وكالة مشروعات البحث المتقدم». وكانت الأربانت تقوم بتقسيم الرسائل المتنقلة بين الكمبيوترات إلى مجموعات صغيرة تسمى كل منها «حزمة». ويقوم كمبيوتر يسمى «موجه المسار» (راوتر) باختيار مسار مناسب من مسارات الشبكة لنقل كل حُزمة على حدة. فإذا تعرَّض أى جزء من الشبكة لتلف أو كان يعمل ببطء، يقوم موجه المسار بإرسال الحُزمة عبر مسارات أخرى.

هل تعلم؟

أول "ويب كام"، (أى كاميرا فيديو ترسل صورًا حية على الشبكة)، وضعها علماء الكمبيوتر فى جامعة كامبريدج بإنجلترا. كانت الكاميرا ترسل باستمرار صورًا لماكينة القهوة الخاصة بالقسم ليستطيع كل واحد فى المبنى أن يعرف إن كانت لا تزال فى الوعاء قهوة دون أن يضطر إلى صعود أو نزول عدد من الطوابق. ظلت صور ماكينة القهوة تنشر على الشبكة لمدة عشر سنوات، حتى أصبحت موضع إعجاب بين مستخدمى الإنترنت.

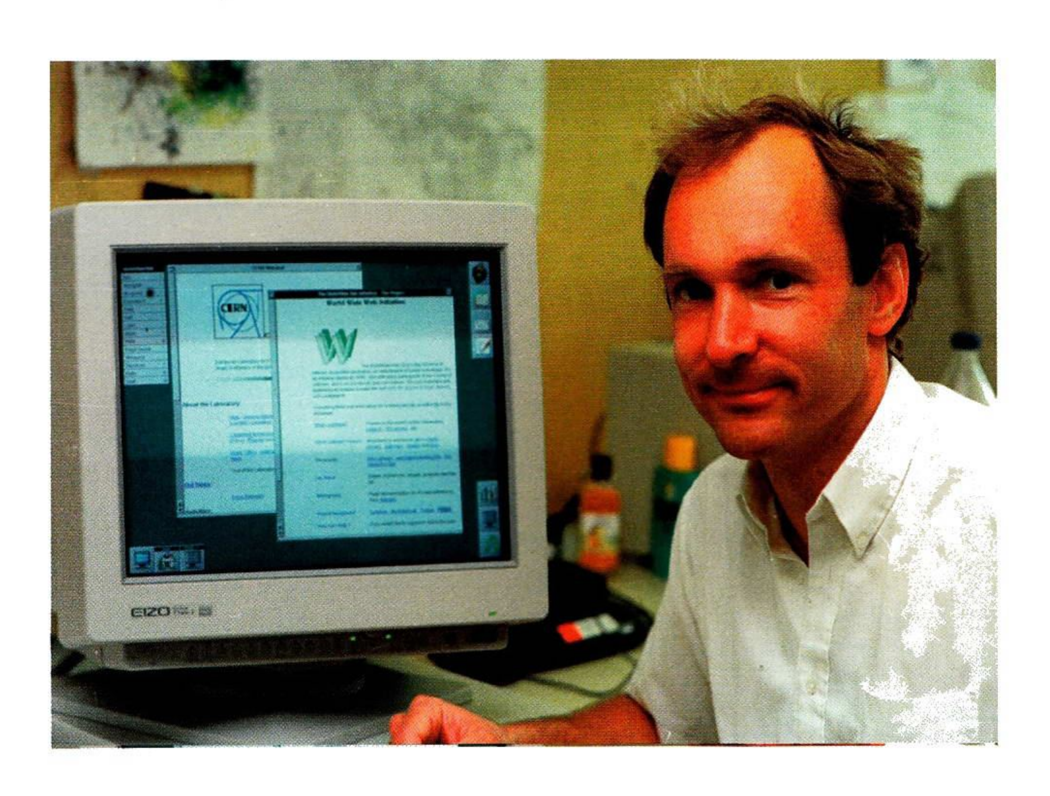
أوجد تحويل الحِزَم شبكة سريعة جدًّا، وأمكن توسيع شبكة أربانت لتضم كمبيوترات أكثر وأكثر، واستطاع المستخدمون إرسال رسائل البريد الإلكترونى. وسرعان ما راحت شبكات الكمبيوتر الأخرى فى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا تطلب الانضمام إلى هذه الشبكة. وفى النهاية أصبحت أعداد هائلة من الشبكات وكمبيوترات الأفراد متصلة ببعضها البعض لتُشَكِّل الإنترنت، أو الشبكة العالمية (World Wide Web).

كانت الإنترنت فى الأصل للمتخصصين. وحيث إن الناس كانوا يستخدمون أنواعًا كثيرة من الكمبيوترات، ويتبادلون كل أنواع البيانات، كانت الشبكة أحيانًا غير عملية. كانت المشاكل حادة خصوصًا فى منظمة البحث النووى الأوروبية، وهى معمل ضخم على الحدود بين فرنسا وسويسرا؛ حيث يدرس العلماء من جنسيات متعددة جزيئات المادة الدقيقة. فى 1990، اخترع عالم كمبيوتر إنجليزى هو تيموثى برنرز لى (1955-) طريقة يستطيع بها الناس أن يجدوا ويستعيدوا البيانات على الإنترنت. وأطلق برنرز لى على اختراعه «الشبكة العالمية»، وهو الاسم الذى نختصره بقولنا الويب، أو www.

مواقع الويب

المدخل إلى الشبكة العالمية هو مواقع الويب. وموقع الويب هو المكان الذى يرسل إليه مستخدمو الكمبيوترات البيانات إلى مستخدمين آخرين. وكل موقع مقسم إلى عدد من «الصفحات» الإلكترونية. ومواقع الويب مخزونة على كمبيوترات تسمى «الخادمات» أو «المختصة بتقديم الخدمة» (servers)، والتى يمكن لمستخدمى الإنترنت الآخرين الدخول إليها. والويب تشبه مكتبة عامة، يستطيع كل شخص أن يقرأ الكتب الموجودة فيها.

وفى المؤسسات الكبرى، يمكن أن يكون الكمبيوتر المختص بتقديم الخدمة موجودًا على كمبيوترات المؤسسة. أما الأفراد فهم يضعون مواقعهم عامة على خادمات موفِّر خدمة الأنترنت (آى إس بى) الذى يتعاملون معه. والفكرة هى أن يستطيع مستخدمو الإنترنت الآخرون أن يدخلوا إلى البيانات الموجودة على الموقع فقط، وليس إلى



◄ تيموثى برنرز لى، اخترع «شبكة الويب العالمية» عام 1990، التى تقدم خدمة مجانية لكل الناس. وفى أواخر سنوات 1990 بدأ يعمل على نظام جديد يسمى «شبكة الدلالات»، أو «سيمانتيك وب»، والتى ربما تحدث ثورة فى الإنترنت بالسماح للكمبيوترات بفهم وتنظيم المواد على الشبكة. وفى يونيو 2004، مُنح برنرزلى جائزة الألفية الأولى للتكنولوجيا فى فنلندا؛ اعترافًا بإبداعاته الباهرة فى مجال التكنولوجيا.

باقى الكمبيوتر ـ ومع ذلك أحيانًا يحاول البعض اقتحام الكمبيوتر ذاته، وهؤلاء يسمونهم «المتسللين» (هاكرز).

وكل البيانات الموجودة على أحد مواقع الويب مجهزة بصيغة يستطيع كل مستخدمى الإنترنت قراءتها. وفى الأصل، كانت البيانات على مواقع الشبكة توضع على شكل نص بسيط، وكانت الصيغة القياسية تسمى «بروتوكول نقل النص التشعبى» (وتختصر عادة إلى HTTP). ومواقع الويب الحديثة تحتوى أيضًا على صور، وتسجيلات صوتية، و«قصاصات» فيديو (فيديو كليب)، وأنواع كثيرة أخرى من وسائل الإعلام. ويتم تبادل هذه المادة عن طريق «وصلات ارتباط تشعبى» (هايبرلينك). وعندما يظهر نص ما تحته خط أو بلون مختلف على صفحة من صفحات الويب، فذلك يعنى أنه «وصلة ارتباط تشعبى» يمكن أن يفتح صفحة أخرى من صفحات الويب. وباستخدام هذه الوصلات، يستطيع مستخدمو الإنترنت أن «يتصفحوا أو يتجولوا» على الويب، فيقفزون من موقع إلى آخر، دون أن يعرفوا أى شىء عن الكمبيوترات التى تدير أى صفحة من صفحات الويب.

وكل صفحة من الويب لها رقم تعريف، يسمى «مُحدِّد المصادر الموحد» (ويختصر إلى يو آر ال). والأرقام من الصعب تذكرها، ومن ثم فإن رقم التعريف الذى يحدِّد موقع البحث العالمى يُترجم آليًّا إلى كلمات يسهل على الناس تذكرها، تسمى «أسماء المجال». وعندما تكتب اسم المجال على الكمبيوتر تنتقل مباشرة إلى صفحة الويب المطلوبة.

برامج استعراض الويب

لتصفح أو «استعراض» أحد مواقع الويب، يحتاج الكمبيوتر إلى برنامج متخصص. ويحصل برنامج الاستعراض على البيانات من مقدِّم الخدمة ـ أيًّا كان مكانه فى العالم ـ ويعرضه على شاشة الكمبيوتر. وكان أول برنامج سهل الاستخدام لتقديم هذه الخدمة هو برنامج «موزايك»، وقد صنعه فى عام 1993 مبرمج الكمبيوتر الأمريكى مارك أندريسن (1971-). وباستخدام هذا البرنامج، استطاع مستخدمو الإنترنت أن يتحركوا بين صفحات الويب بمجرد الإشارة والنقر بالفأرة أو «الماوس»، بنفس الطريقة المستخدمة للدخول إلى الملفات الموجودة على الكمبيوتر. وتطور موزايك إلى برنامج استعراض معقد كبير يسمى نتسكيب نافيجيتور، وهذا الاسم يعنى «مَلاَّح الشبكة». وبوجود مستعرضات سهلة الاستخدام أصبح استخدام الويب متاحًا للناس جميعًا. وفى مدى سنوات قليلة، أصبح للويب ملايين المستخدمين فى جميع أنحاء العالم.



◄ خلال التسعينيات من القرن العشرين، انتشرت مقاهى الإنترنت والأماكن التى يمكن فيها للناس أن يتصفحوا الويب. ولكن مثل هذه المقاهى من المتوقع أن تصبح سريعًا أمرًا يمُتُّ إلى الماضى؛ حيث يدخل الناس على الإنترنت وهم يتحركون، باستخدام المستعرضات المحمولة، وهى أصغر من تليفونات المحمول المعروفة اليوم.



◀ موقع جوجل، والذى وضعه اثنان من طلبة جامعة ستانفورد بكاليفورنيا: عالم الكمبيوتر الأمريكى المولود فى الاتحاد السوفييتى، سيرجى برين (1973-)، وعالم الكمبيوتر الأمريكى لورنس بيدج (1972-). جوجل الآن هو أكثر محركات البحث على الإنترنت استخدامًا، ويستقبل محرك بحث جوجل حوالى 200 مليون طلب بحث كل يوم.

محركات البحث

يحتوى الويب اليوم على مليارات الصفحات. والواقع أن البيانات الموجودة على الويب أصبحت كثيرة جدًّا مما أدى إلى ظهور الحاجة إلى كمبيوترات قوية للغاية تسمى «محركات البحث»، للحركة بين كل هذه البيانات، ومساعدة الناس على أن يجدوا ما يريدون. وأشهرها ياهو، وجوجل.

ترسل محركات البحث باحثات إلكترونية تسمى بالديدان، لكى تظل فهارسها فى حالة تجديد دائم وعلم بأحدث ما يتم بثه على الويب. تزحف الديدان إلكترونيًّا خلال مواقع الويب العالمية بحثًا عن الكلمات المفتاحية، وأسماء الملفات، ووصلات إلى مواقع أخرى. وفى كل مرة تُضاف صفحة جديدة إلى الويب سرعان ما تقوم الدودة بإضافة إشارة إلى محتوياتها. ومحرك بحث جوجل يسجِّل كل كلمة رئيسية فى أى صفحة كما يتعرف على العناوين، والعناوين الجانبية، والكلمات المفتاحية، والتى يحددها أصحاب المواقع وتسمى بشكل عام «علامات وصفية عليا» أو (ميتا تاج).

البريد الإلكترونى

ربما أهم استخدام شخصى للإنترنت هو إرسال البريد الإلكترونى. مئات الملايين من رسائل البريد الإلكترونى يجرى إرسالها بين الكمبيوترات حول العالم كل يوم. والبريد الإلكترونى هو رسائل إلكترونية تسافر إلى هدفها فى لحظة، ويمكن إرسالها إلى عدد كبير من المستقبلين فى الحال.

ومثل الويب، يعتمد البريد الإلكترونى على الكمبيوترات الخادمة. عندما يرسل أحد المستخدمين رسالة إلكترونية، تذهب كل البيانات الموجودة فى الرسالة إلى أحد الكمبيوترات التى تقوم بدور تقديم الخدمة، والذى يسمى «بروتوكول نقل البريد البسيط»، ويختصر إلى (إس إم تى بى)، والموجود على موفِّر خدمة الإنترنت (آى إس بى). ويقوم هذا الخادم (إس إم تى بى) بإرسال الرسالة إلى خادم يُسمى «بروتوكول مكتب البريد» (ويختصر إلى POP). ويتسلم الناس الرسائل بمجرد أن يتصلوا بمكتب البريد (POP) الخاص بهم.

ولابد لكل رسالة إلكترونية أن يكون لها عنوان لتصل إلى هدفها. ويتكون عنوان البريد الإلكترونى من جزأين. الجزء الأول هو اسم المستخدم. والجزء الثانى، بعد رمز @ هو اسم المجال. وهذا الاسم يدل على الخادم الذى يجب إرسال الرسالة إليه. وعندما تصل الرسالة إلى خادم «بروتوكول نقل البريد البسيط»، يتصل بخادم اسم

المجال (DNS)، والذى يبحث عن الرقم المحدد لاسم المجال. ثم يقوم خادم البروتوكول البسيط لنقل البريد (اس ام تى بى) بإرسال الرسالة إلى الخادم الصحيح.

إنترنت فائق السرعة

فى السنوات الأخيرة توسعت الإنترنت وازدادت استخداماتها بشكل هائل. وبالنسبة إلى الكثيرين، أصبحت الإنترنت منذ وقت طويل أول مكان يذهبون إليه لمعرفة مواعيد القطارات أو حجز مكان لقضاء الإجازة، أو للتعامل مع البنوك، وأشياء أخرى كثيرة.

والآن يستمع الناس إلى الموسيقى والراديو ويشاهدون أفلام الفيديو على الإنترنت. ويستطيع الناس بالفعل أن يتحدثوا مع آخرين باستخدام الإنترنت، كما يستطيعون مشاهدة صور حية لأصدقائهم وأعضاء عائلاتهم الذين يعيشون فى أماكن أخرى من العالم. ويعتقد الخبراء أنه سرعان ما سوف تنتفى الحاجة إلى التليفزيون؛ إذ يمكن مشاهدة الأفلام وبرامج التليفزيون على الإنترنت.

والعائق الكبير بالنسبة الى الإنترنت هو السرعة التى يمكن بها انتقال البيانات، فلا يزال الكثير من كمبيوترات المنازل تتصل بالإنترنت عبر خطوط التليفون العادية، والتى لا يمكنها أن تحمل إلا 56 ألف «بيته» من البيانات فى الثانية (bps56). وهناك الآن وصلات «النطاق العريض» والتى يمكنها أن تحمل بيانات أسرع بأربعين مرة من خط التليفون العادى. وعلى الرغم من ذلك، لا يزال تحميل كل المعلومات المطلوبة لفيلم كامل يستغرق ساعات كثيرة. ومن ثم، يعمل العلماء على تطوير أنظمة مثل نظام تى سى بى (بروتوكول التحكم فى النقل) السريع الذى قد تصل سرعته إلى ستة آلاف ضعف سرعة وصلات «النطاق العريض». وتقوم وصلات ال تى سى بى السريعة بإعادة توزيع حِزَم من البيانات بسرعة هائلة إلى درجة أنه يصبح من الممكن تحميل فيلم كامل فى ثوان.

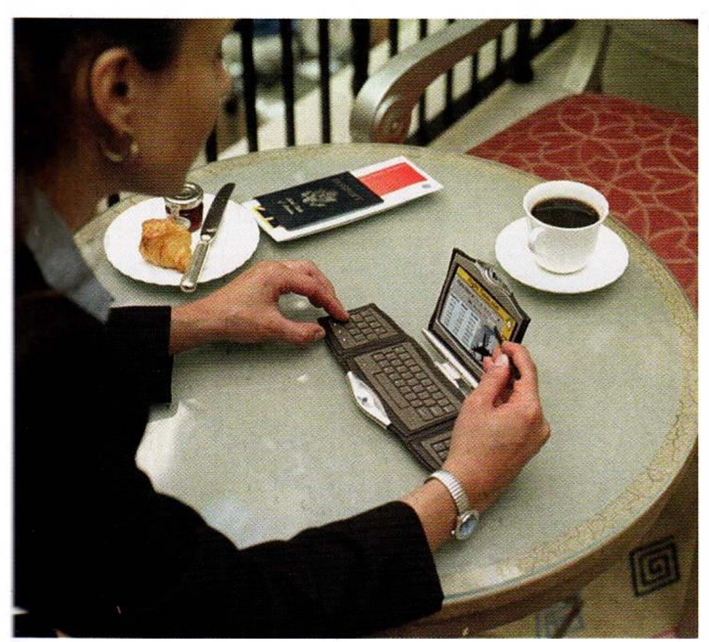
الإنترنت اللاسلكى

حتى وقت قريب، كان لابد لمعظم الكمبيوترات أن تكون متصلة بالإنترنت عن طريق وصلة سلكية. واليوم تتطور الاتصالات اللاسلكية بسرعة كبيرة. وتستخدم هذه الاتصالات الأشعة تحت الحمراء أو الموجات القصيرة أو موجات الراديو لإرسال واستقبال المعلومات، بدلاً من الكابلات والأسلاك. وكثير من التليفونات المحمولة يمكنها الاتصال بالإنترنت وإرسال واستقبال رسائل البريد الإلكترونى. ويمكن لمستخدم الكمبيوتر المحمول أن يتصل بالإنترنت لاسلكيًّا عن طريق أى نظام لاسلكى قريب منه. ولا تزال هذه الوصلات اللاسلكية بطيئة السرعة نوعًا ما. ولكن فى

هل تعلم؟

إحدى مشكلات شبكة الإنترنت أنها لا تفهم دائمًا ماذا يريده الناس. فإذا كان شخص يبحث عن موقع عن تاريخ موسيقى الروك، فإن كتابة كلمة "rock" على محرك البحث قد تكون نتيجتها عددًا هائلاً من المواقع قليل جدًّا منها عن موسيقى الروك. لا تستطيع أدوات البحث أن تعرف ماذا يريد المستخدم، فتضع قائمة بكل موقع تظهر فيه الكلمة المكتوبة. ومن ثم يحاول علماء الكمبيوتر الآن تطوير أنظمة تساعد الكمبيوترات على "فهم" ماذا يريد المستخدم بالضبط. فمثلاً، بعض أدوات البحث يمكن أن تبحث عن مفاهيم معينة. وأخرى يمكن أن تستخدم "اللغة الطبيعية"، ومن ثم يستطيع المستخدم أن يكتب سؤالاً باللغة ذاتها التى يستخدمها الناس مع بعضهم البعض.

▼ فى المستقبل القريب، سيصبح استخدام الإنترنت المحمول جزءًا من الحياة اليومية. وستقدم المستعرضات المحمولة قناة اتصال سريعة موجودة داخل الأدوات والأجهزة.



هل تعلم؟

إليك بعض الطرق التى يمكن استخدام الإنترنت فيها لطالب أو طالبة مدرسة ثانوية، بافتراض وجود كمبيوتر فى البيت:

- قبل المدرسة، قراءة رسائل البريد الإلكترونى المرسلة من الأصدقاء، ومواقع الإنترنت حول العالم.
- تبادل الحوارات (الشات) لدقائق قليلة مع صديقين يتصادف أن يكونا على الخط (متصلان بالإنترنت).
- باستخدام أحد كمبيوترات المدرسة، يستطيع الطلبة مشاهدة معلومات حول الغابات المطيرة المعرضة لخطر التغيرات البيئية تساعد فى عمل بحث للمدرسة. ويمكن تحميل بعض النصوص والصور، ثم حفظ المعلومات على "سى دى روم" وطباعة بعض الصور.
- وفيما بعد، يرسل الطلبة بعض أعمال الحصة إلى أحد مواقع الويب يكون المعلم قد أقامها. والآن، يمكن لكل من يتصل بالإنترنت فى أى مكان فى العالم أن يرى أعمالهم.
- بعد الظهر، العودة إلى الكمبيوتر، وتحميل فيلم أو فيديو كليب من موقع الشبكة المفضل، ثم إرسال رسائل إلى الأصدقاء لإخبارهم بذلك.
- فى الوقت ذاته، يمكن مشاهدة محطة تليفزيون موسيقية يتم الدخول إليها عن طريق الكمبيوتر من خلال الإنترنت.
- وهناك وقت لتلقى بعض المعلومات المفيدة لعمل الواجب المنزلى لمادة التاريخ.
- والرد على كل الرسائل التى أرسلها الأصدقاء.
- بعض الأصدقاء على الخط، يتبادلون الحوار (الشات) أثناء المساء.
- إضافة فقرة إلى "المدونة" الخاصة بالطالب أو الطالبة، والمدونة مذكرات تكتب على الشبكة يعرف العالم بها ماذا يفعل الشخص فى ذلك اليوم، أو ما آراءه فى الأخبار التى سمعها.

المستقبل، سوف تكون طاقة الإنترنت الكاملة متاحة لأى كمبيوتر أو تليفون فى أى مكان من العالم - فى الملعب، على الشاطئ، فى المدينة - دون الحاجة إلى وصلات سلكية من أى نوع.

وأجهزة التحكم عن بعد الخاصة بالتليفزيون (الريموت كونترول) وكذلك الاتصالات اللاسلكية فى الكمبيوتر تستخدم الأشعة تحت الحمراء للاتصال، ويتصل جهاز التليفون المحمول باستخدام الموجات القصيرة (الميكروويف). لكن هذه الأجهزة لا تستطيع الاتصال إلا ببعضها البعض. أما انظمة من نوع «البلوتوث» فسوف تتيح لكل أنواع الأجهزة الإلكترونية أن تتصل ببعضها، من لوحة مفاتيح الكمبيوتر إلى الأنظمة الاستريو.

وفى المستقبل، سيتمكن الناس من استخدام مستعرض محمول وهم فى الأسواق ليعرفوا ماذا فى الثلاجة، وليعدوا قرص الفيديو الرقمى لتسجيل أحد برامج التليفزيون من على الويب، أو لإطعام حيواناتهم الأليفة باستخدام الموزِّع الإلكترونى.

إنترنت يفهم

معظم المواد الموجودة على الويب الهدف منها أن يقرأها الناس. ومن ثم فالناس يفهمونها، لكن الكمبيوترات لا تفهمها. وهذا يجعل الاستفادة أقل من قدرات الكمبيوتر الهائلة على التحكم فى البيانات. ومن ثم يحاول تيموثى برنرز لى وخبراء كمبيوتر آخرون أن يتجهوا بالإنترنت إلى اتجاه جديد تمامًا. إنهم يحاولون تطوير ما يسمى «الشبكة الدلالية» أو «سيمانتك وِب». وكلمة «الدلالية» تعنى اختصاصًا بفهم مدلولات المعانى. ومع الشبكة الدلالية، ستكون المعلومات الموجودة على الشبكة ذات معنى للكمبيوتر. ومن ثم تستطيع الكمبيوترات أن تقوم باتصالات خاصة بها.

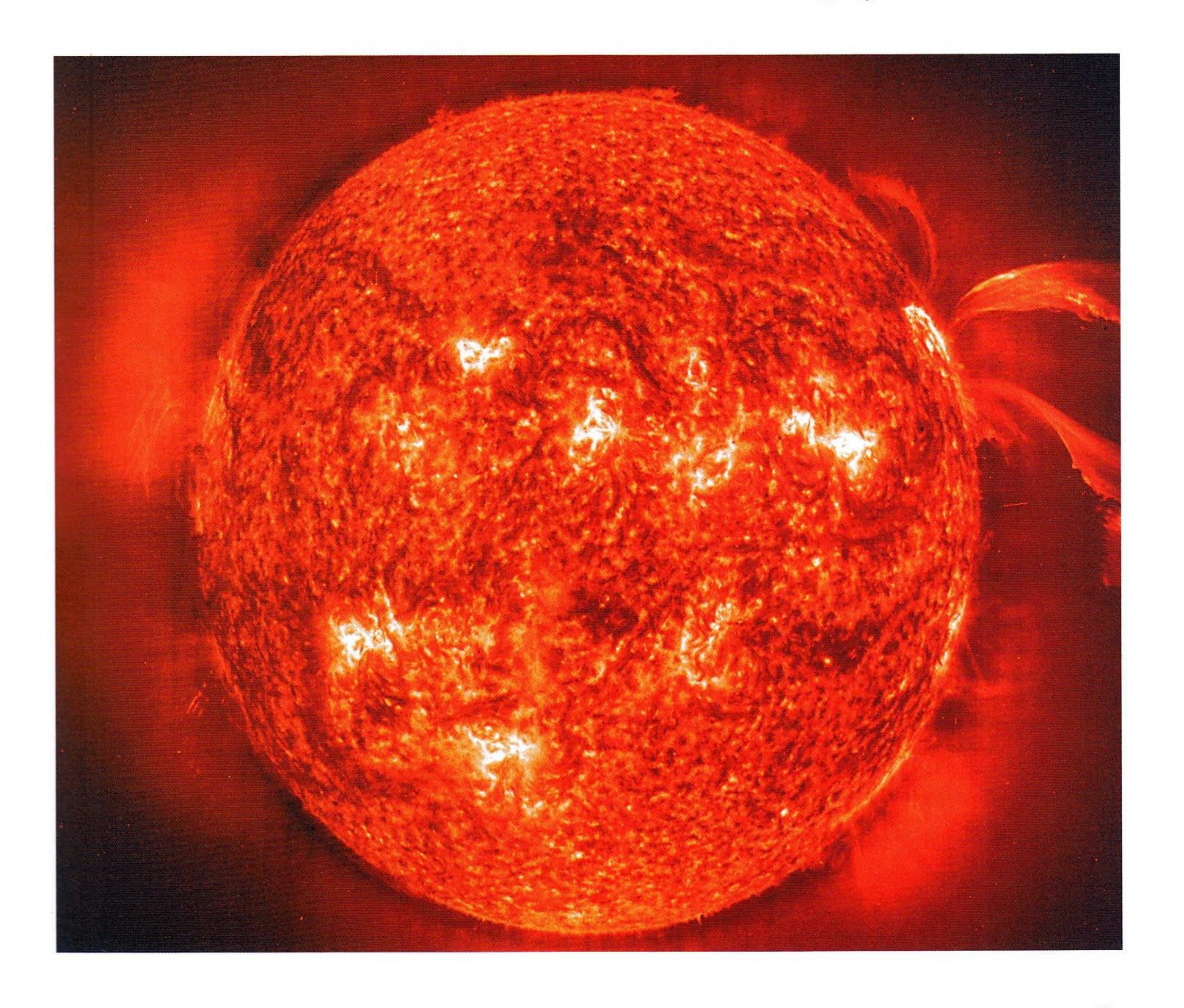
فإذا قال شخص فى المدرسة لصديقه خبرًا عن حفل موسيقى كبير سمع عنه، يمكن أن يبحث هذا الصديق عن أخبار هذا الحفل من خلال مستعرض يدوى للشبكة. وسيقوم المستعرض بالبحث عن الحفل، ويجده، ويبحث عن مفكرة الصديق، ويرى إن كان لديه وقت فى اليوم المحدد، ويحجز التذاكر، ويضيف بندًا إلى المفكرة اليومية الموجودة على الكمبيوتر، ويمكن حتى أن يرسل تعليمات عن أفضل طريق يمكن أن يسلكه للذهاب إلى هناك. ومن الممكن أن يرسل إليه تذكيرًا بالموعد فى اليوم السابق للحفل. ويتساءل العلماء إذا ما كانت الشبكة الدلالية قادرة فى يوم من الأيام أن تقوم بتعليم الناس أشياء لا يعرفونها. فإذا قامت هذه الشبكة بتحليل الكميات الهائلة من الأبحاث العلمية الموجودة على الشبكة، فهل يمكن أن تخرج ببعض النظريات التى لم يسبق أن فكر فيها العلماء؟

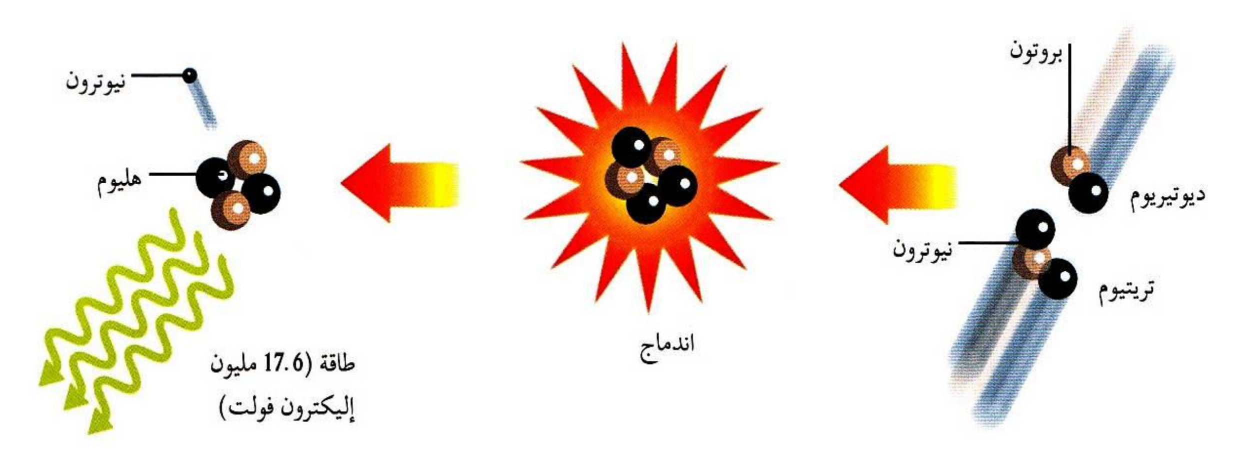
الاندماج النووى

يحدث الاندماج النووى عندما تتحد نواة إحدى الذرات، أو تندمج، فى نواة ذرة أخرى، تكوّن النواتان المندمجتان معًا نواة لذرة أثقل. وأثناء هذا الاندماج النووى تنطلق كميّات هائلة من الطاقة فى صورة حرارة وضوء.

▼ **أخذت هذه الصورة للشمس فى يوم 28 من يونيو سنة 2000. على يمين الصورة، يظهر نتوءان شمسيان ينفجران من سطح الشمس؛ فالشمس تحصل على كل طاقتها من تفاعلات الاندماج النووى.**

فى معظم تفاعلات الاندماج، تندمج نواة إحدى ذرات الهيدروجين مع نواة ذرة هيدروجين أخرى ليكونّا نواة هيليوم. ونواة الهيدروجين أخف من نواة أى عنصر آخر. ومعظم أنوية الهيدروجين تتكون من جسيم واحد، يسمى البروتون. ولكن توجد صور مختلفة من ذرة الهيدروجين، تسمى النظائر. ونواة أحد النظائر، ويُسمى ديوتيريوم، تحتوى على بروتون واحد ونيوترون واحد. ونواة نظير آخر، يُسمى تريتيوم، تحتوى على بروتون واحد ونيوترونين اثنين. ومن الأسهل كثيرًا دمج ذرات الديوتيريوم والتريتيوم مقارنة بدمج ذرات نظير الهيدروجين العادى.





▲ يوضح هذا الشكل تفاعلاً اندماجيًا بسيطًا. عند قذف نواة ذرة ديوتيريوم بنواة تريتيوم، تندمج النواتان لتكوِّنا كتلة من مكوناتهما من النيوترونات والبروتونات. ينطلق نيوترون واحد من الكتلة؛ فتتكون نواة ذرة هليوم، وطاقة هائلة.

الطاقة الاندماجية

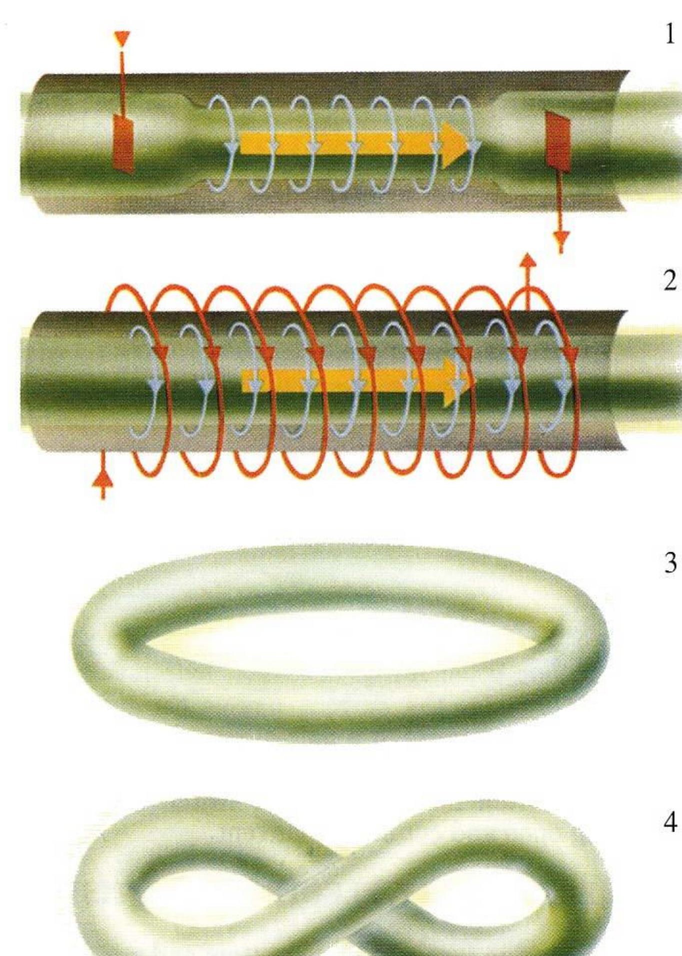
طاقة ترابط نواة ما، هى كمية الطاقة التى يفترض توفيرها لفصل كل البروتونات والنيوترونات. وهى تساوى كمية الطاقة المفترض انطلاقها (تحررها) إذا ما سُمح للجسيمات المنفصلة أن تتحد جميعها مرة واحدة. والذرات الخفيفة قادرة على الاندماج؛ لأن طاقة الترابط للنواة الناتجة أكبر من مجموع طاقات الترابط للأنوية الأصغر، والأمر كذلك لأنه فى النواة الأكبر يكون كل جسيم منجذبًا إلى عدد أكبر من الجسيمات المجاورة والطاقة المنطلقة فى الاندماج النووى تساوى الفرق بين طاقات الترابط للنواة المتكونة ومجموع طاقات الترابط للأنوية التى اندمجت. وهذه الطاقة تنتج عن طريق تدمير المادة. إن جزءًا صغيرًا فقط من الكتلة الأصلية للأنوية هو الذى يدمر، لكن ذلك يؤدى إلى توليد كميات هائلة من الطاقة. فالطاقة المنطلقة عند اندماج نواتى الديوتيريوم والتريتيوم لتكون نواة هيليوم ونيوترون واحد تساوى 17.6 مليون إلكترون فولت.و والإليكترون فولت الواحد هو وحدة تكافئ طاقة الشغل المبذول من إليكترون مُعجل خلال فرق جهد مقداره فولت واحد.

فى سنة 1905 نشر عالم الفيزياء الأمريكى – الألمانى المولد – ألبرت أينشتاين (1879-1955) نظريته النسبية الخاصة. وكجزء من هذه النظرية اقترح أينشتاين أن الكتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة وكان العلماء، قبل ذلك، قد تعرفوا على قانونين مهمين – بقاء الكتلة وبقاء الطاقة. وهذان القانونان يعنيان أن الكمية الكلية للطاقة أو الكتلة فى الكون تظل ثابتة. لكن أينشتاين ذكر أن ثمة كمية محددة من الطاقة تكون مرتبطة بكتلة ما، وأن كمية محددة من الكتلة تكون مرتبطة بكمية محددة من الطاقة. وهذا يسمح للطاقة بأن تتحول إلى كتلة وللكتلة أن تتحول إلى طاقة بينما يبقى كل شىء ثابتًا، وإنتاج الطاقة فى عملية الاندماج النووى يؤكد نظرية أينشتين. وقد لخص أينشتاين تحول الكتلة إلى طاقة فى علاقة واحدة، تسمى معادلة الكتلة – الطاقة: $E=mc^2$

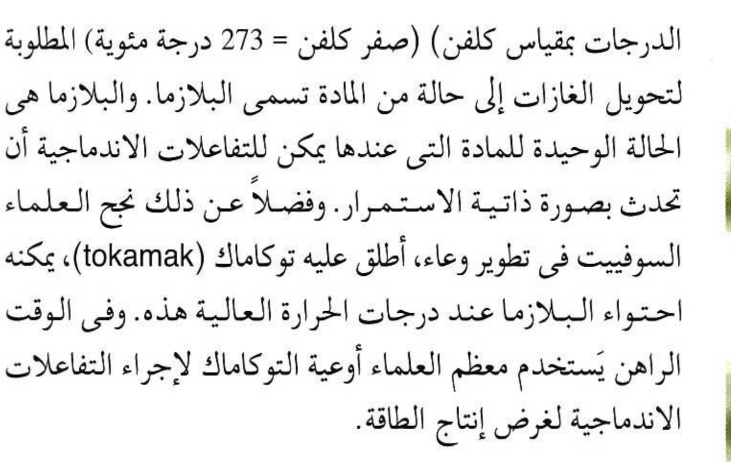
حيث الحرف E يمثل الطاقة الناتجة عند تدمير الكتلة (m). أما الحرف c فإنه يمثل سرعة الضوء. وحيث إن سرعة الضوء هى رقم ضخم (300,000,000 متر فى الثانية) (ثلاثمائة مليون متر فى الثانية) فإن مربع هذا الرقم يكون مهولاً. وبالتالى فإن حاصل ضرب الكتلة فى مربع سرعة الضوء كبير جدًا، حتى لو كانت الكتلة ضئيلة. وهذا هو سبب ضخامة كمية الطاقة الناتجة عن تدمير كتلة صغيرة جدًا. فإذا أتيح لكل أنوية الهيدروجين الموجود فى برميل ماء أن تتحد فى تفاعلات اندماجية، فسوف تنتج عنها طاقة أكبر من تلك الناتجة عن حرق مليون برميل من البترول.

بحوث الاندماج

بمجرد أن أدرك العلماء أن الاندماج النووى يمكنه أن ينتج قدرًا هائلاً من الطاقة، بحثوا عن سُبل استغلال هذه العملية فى الإنتاج العملى للطاقة. وقد أجريت معظم هذه البحوث فى بريطانيا والاتحاد السوفيتى السابق والولايات المتحدة. فى البداية، كان العمل محاطًا بالسرية. غير أن تفاصيل برامج الاندماج قد أميط عنها اللثام فى الخمسينيات من القرن العشرين، وأعقب ذلك تعاون بين العلماء من الدول المختلفة؛ مما أدى إلى تقدم كبير فى أبحاث الاندماج، وفى أواخر الستينيات من القرن العشرين نجح العلماء السوفييت فى الوصول إلى درجات الحرارة العالية (ملايين



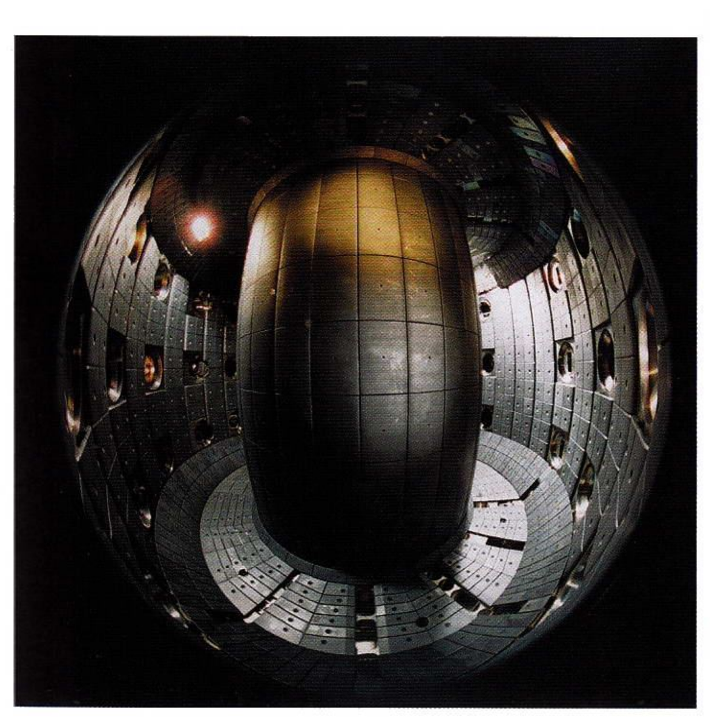
▲ في التفاعلات الاندماجية قد تؤدى الحرارة الشديدة للغازات إلى انصهار جدران الوعاء. غير أن إمرار تيار كهربى (الظاهر باللون الأحمر) خلال الغازات يبقيها بعيدًا عن الجدران (1). والتيار الكهربى ينتج مجالاً مغناطيسيًا (أزرق). والمجال المغناطيسى «يعصر» الغازات فيبقيها فى منتصف الوعاء. وهناك طريقة أخرى، فمن الممكن تكوين المجال المغناطيسى بإمرار تيار عبر ملف (أحمر) حول الوعاء (2). ويكون الوعاء غالبًا على شكل (3) أو على شكل الرقم 8.



الدرجات بمقياس كلفن) (صفر كلفن = 273 درجة مئوية) المطلوبة لتحويل الغازات إلى حالة من المادة تسمى البلازما. والبلازما هى الحالة الوحيدة للمادة التى عندها يمكن للتفاعلات الاندماجية أن تحدث بصورة ذاتية الاستمرار. وفضلاً عن ذلك نجح العلماء السوفييت فى تطوير وعاء، أطلق عليه توكاماك (tokamak)، يمكنه احتواء البلازما عند درجات الحرارة العالية هذه. وفى الوقت الراهن يَستخدم معظم العلماء أوعية التوكاماك لإجراء التفاعلات الاندماجية لغرض إنتاج الطاقة.

الاندماج البارد

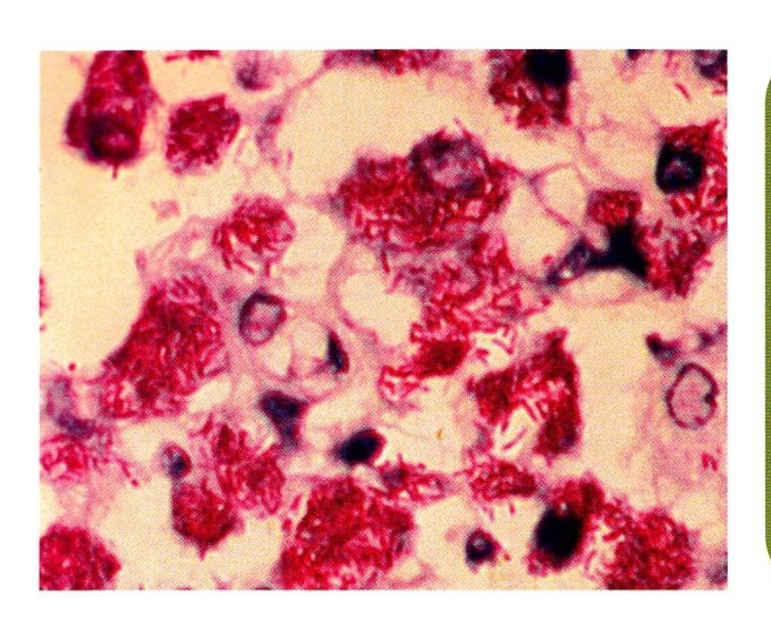
فى عام 1989 أثار عالما كيمياء من جامعة يوتاه اهتمام العالم عندما أعلنا أنهما قد توصلا إلى إجراء «اندماج بارد» فى برطمان ماء. وصار ما أعلناه مثار جدل بالغ. فعندما حاول العلماء تكرار التجربة، لم يتوصلوا إلى النتائج ذاتها. ويصف غالبية العلماء الاندماج البارد بأنه محض خيال، لكن عددًا قليلاً من العلماء المثابرين، وخصوصًا فى اليابان، استمروا فى استكشاف إمكانية الاندماج البارد. فإذا ما ثبت أن ذلك ممكن، فإن مفاعلاً للاندماج البارد سوف يقوم بالعمل من دون حاجة إلى درجات الحرارة الهائلة المطلوبة للاندماج بالطرق التقليدية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الاندماج كمصدر للطاقة النووية لا تنتج عنه مخلفات نشطة إشعاعيًا، كتلك التى تنتج من الانشطار النووى الذى يدير الآن كل المفاعلات النووية المستخدمة فى العالم.



◄ صورة بعدسة عين السمكة توضح جهاز توكاماك المتغير (المتباين) الشكل فى مركز بحوث فيزياء البلازما فى سويسرا؛ حيث يستخدم العلماء هذا الجهاز لدراسة خواص البلازما.

الإيدز

متلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز) هي آخر الأمراض المعدية التي ظهرت في القرن العشرين. وقد تم التعرف عليه لأول مرة في سنوات العقد 1980، وسرعان ما أصبح المرض وبائيًا. وفي عام 2003، كان الإيدز سبباً في وفاة أكثر من 25 مليونًا. والإصابة به أسوأ كثيرًا في العالم الثالث، ولكن المرض لا يزال ينتشر في أماكن أخرى من العالم. وحتى اليوم لا يوجد علاج للإيدز.



▲ صورةٍ ميكروسكوبيةٍ تظهر بهاُ العُقْدَةُ اللِّيمْفَاوِيَةُ لشخصٍ مصاب بالإيدْز. وتلعب العُقَدُ الليمفاوية دورًا مهمًا في دفاعِ الجسمِ ضد الأمراض. وفي هذه الصورةِ نجد أن العُقْدةَ قد أضعَفَها الإيدْز بشدَّةٍ إلى درجةِ أنَّ البكتريا تُهاجِمُ الخلايا.

الإيدز هو المرحلة الأخيرة القاتلةالرهيبة من الإصابة بفيروس يسمى فيروس نقص المناعة المكتسبة في الإنسان. وقد سمي كل من المرض والفيروس بهذا الاسم؛ لأن المرض يهاجم جهاز المناعة - وهو دفاع الجسم ضد الأمراض. ونظام المناعة عند المصابين بالإيدز وفيروس الإيدز يصبح ضعيفًا جدًّا حتى أن أجسامهم لاتقوى على محاربة أقل عدوى. وفي الغالب يموت المصابون بالإيدز نتيجة أمراض أخرى لم يستطيع الجسم مقاومتها، وليس بسبب المرض نفسه مباشرة.

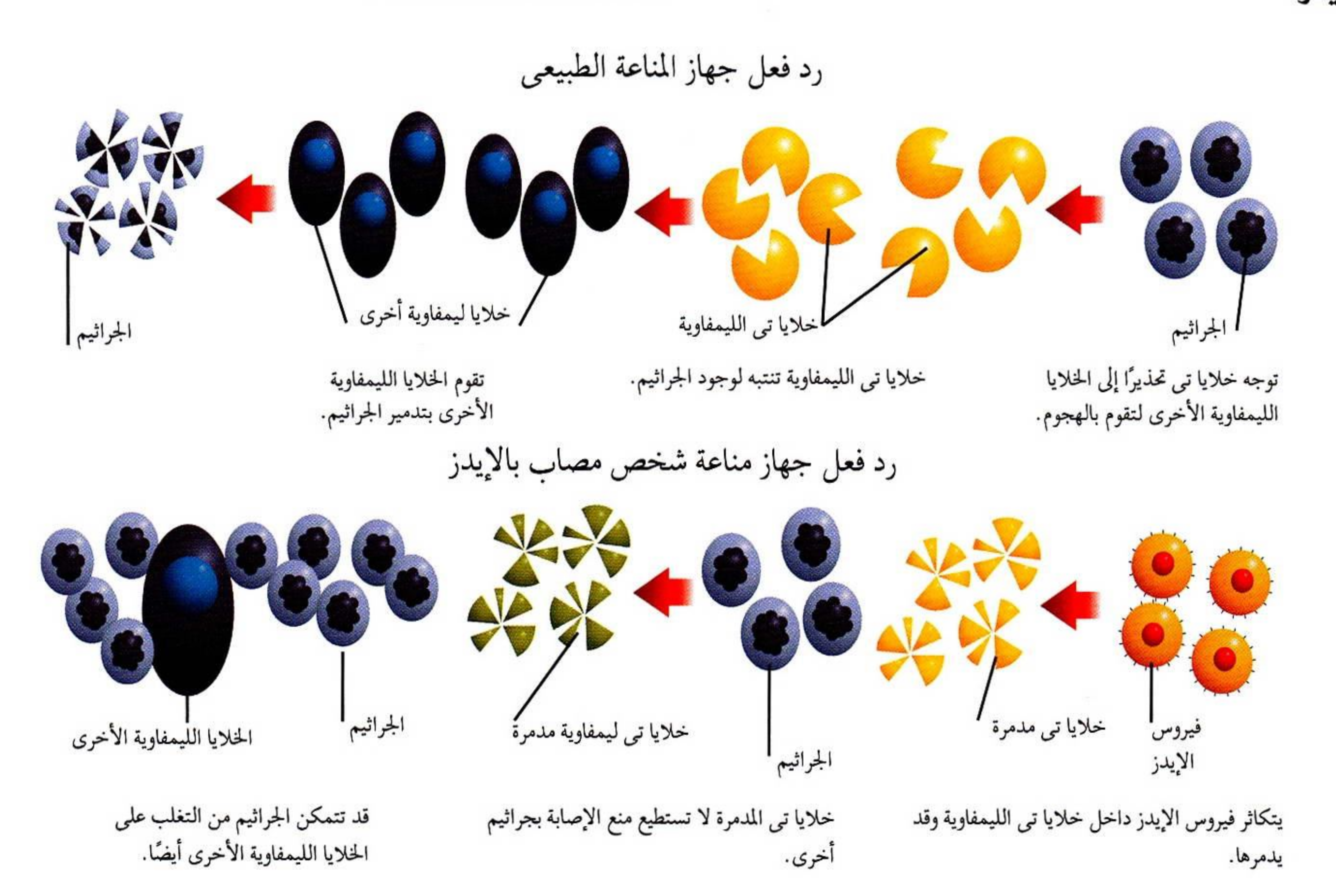
وعادة، يصاب الناس بهذا الفيروس قبل أن يصابوا بحالة نقص المناعة المكتسبة بفترة طويلة؛ وقد تمر سنوات قبل أن يشعروا بأنهم مرضى أو قبل المعاناة من أسوأ مظاهر المرض. ويهاجم فيروس الإيدز مجموعة من خلايا الدم البيضاء تسمى الخلايا الليمفاوية، ومن ثم يمكن اكتشاف وجود الفيروس في تحليل الدم منذ بداية الإصابة به.

من أين جاء فيروس نقص المناعة المكتسبة؟

يعتقد العلماء أن هذا الفيروس ظهر أصلاً في إفريقيا. وقد تعرفوا على نوعين من فيروس نقص المناعة المكتسبة، وكلا النوعين يشبهان فيروسان يصيبان حيوانات الشمبانزي والقرود، يُسميَان فيروس نقصِ المناعةِ لَدَى القُرود. ومنَ المُحتَمل أن هذيْن الفيروسيْن انتقلا إلى الناسِ بشكلٍ ما. يعتقد بعض العلماء أن بداية إصابة الإنسان بهذا الفيروس حدثت لدى بعض الذين يأكلون لحم القرود نيئًا. ويعتقد آخرون أنه جاء نتيجةَ عَضٍّ أحد حيوانات الشمبانزي لإنسانٍ. وعندما انتقلَ الفيروسُ إلى الإنسان، ساعدَ تغيير العاداتِ ونمو صناعة السياحة على انتشار المرض. وقدْ أُكتشف فيروس ومرض نقص المناعة المكتسبة لأول مرة في الولايات المتحدة عام 1980. وفي 2004، أصبح 40 مليون إنسان في جميع أنحاء العالم يعيشون بهذا المرض الفيروسي الذي يعيق الإنسان عن ممارسة حياته.

كيف ينتشر فيروس الإيدز؟

ينتقل فيروس الإيدز إلى الدم عن طريق انتقال سوائل الجسم مثل السائل المنوي والسائل المهبلي، والدم، ولبن الأم. ولا يستطيع فيروس الإيدز الانتقال من خلال العرق أو اللعاب أو البول، أو من خلال الاتصال الجسمي البسيط. وأكثر طرق الفيروس انتشارًا هو إقامة علاقة جنسية مع شخص مصاب بالمرض. ومع ذلك، فكل عام يولد 800 ألف طفل لأمهات مصابات بالإيدز، وينتقل الفيروس إليهم عن طريق الرضاعة.



ويمكن للعدوى أن تنتقل أيضًا بالتعرض للدم الملوث بفيروس الإيدز؛ وذلك يجعل مدمنى المخدرات التى تؤخذ عن طريق الحقن معرضين للإصابة إذا استخدموا الإبرة ذاتها. كذلك ينتقل الفيروس أثناء نقل الدم، وخاصة إلى المصابين بمرض الهيموفيليا (أو سيولة الدم). والهيموفيليا حالة مرضية تمنع الدم من التجلط، ومن ثم، فإن أقل جرح فى مريض الهيموفيليا يمكن أن يتسبب فى استمرار النزيف حتى الموت. وفى أوائل سنوات العقد 1980، أصيب أكثر من نصف المصابين بالهيموفيليا فى الولايات المتحدة بالإيدز أثناء عمليات نقل الدم. وفى الوقت الحالى، يجب فحص الدم قبل نقله لتفادى هذا الخطر.

مراحل المرض

تستمر أولى مراحل الإصابة لأسابيع قليلة. يتكاثر الفيروس بسرعة داخل جسم الشخص المصاب، والذى يسمى «العائل». ويمكن أن يسبب الفيروس أعراضًا تشبه أعراض الإنفلونزا. وتستمر المرحلة الثانية لمدة عشر سنوات إذا تركت من دون علاج. وفى العادة يشعر المريض بتعب شديد، ويصاب بتورم فى الغدد، والتهابات فطرية، وقُرح فى الفم بانتظام، وفى المرحلة الأخيرة من المرض قد يعانى المريض من إصابات مرضية خطيرة، مثل أمراض الرئة، والسُّل، وبعض أنواع السرطان. وهذه المرحلة تُسمى الإيدز.

وقد تناقصت حالات الوفاة بسبب الإيدز فى أوروبا والولايات المتحدة؛ حيث تتاح الآن أدوية مضادة لفيروس الإيدز مرتفعة الثمن جدًّا. وهذه الأدوية يمكن أن تكون مؤثرة جدًّا حتى إن الفيروس يقل إلى مستويات ضعيفة جدًّا فى الجسم. ولكن أكثر من 70 فى المائة من المصابين بهذا الفيروس يعيشون فى أفقر الدول الأفريقية؛ حيث لا يملك معظم الناس القدرة على شراء مثل هذه الأدوية الباهظة الثمن. كما أن كثيرًا من الناس لا يعرفون أنهم مصابون، أو لا يعرفون طرق انتشار الفيروس.

كيف نوقف انتشار فيروس الإيدز؟

يحاول العلماء الآن إنتاج مصل مضاد لفيروس الإيدز. لكن الفيروس يتغير بطريقة، تجعل ذلك مهمة عسيرة. والآن يحاول العلماء صنع مصل لكل سلالة. وفى عام 2003 بدأوا إجراء اختبارات على بعض الناس بأمصال مضادة للسلالة المنتشرة فى الولايات المتحدة، والتى تسمى «النوع الفرعى ب». ثم بدأوا تجربة مصل مضاد للسلالة الأخرى المنتشرة فى إفريقيا والهند. وقد حاول العلماء أيضًا إجراء بعض التجارب لتغيير الجينات فى خلايا الجسم لتتمكن من منع دخول الفيروس. ولكن، أفضل حماية ضد فيروس الإيدز تكمن فى الإجراءات الوقائية، مثل توفير إبر نظيفة لمستخدمى الحقن، وعدم ممارسة الجنس إلا فى إطار آمن.

الأيض (التمثيل الغذائى)

الأيض (أو التمثيل الغذائى) هو كل العمليات الكيماوية التى تحدث داخل خلية حية أو داخل كائن حى. ويتضمن بعض هذه العمليات تكسير مواد كيماوية لتمدنا بالطاقة. وهناك عمليات أخرى تستخدم الطاقة لبناء مواد كيماوية معقدة يحتاجها الجسم. ويحدث الأيض داخل خلايا الجسم وهو يشمل عمليتين أساسيتين، هما الهدم والبناء.

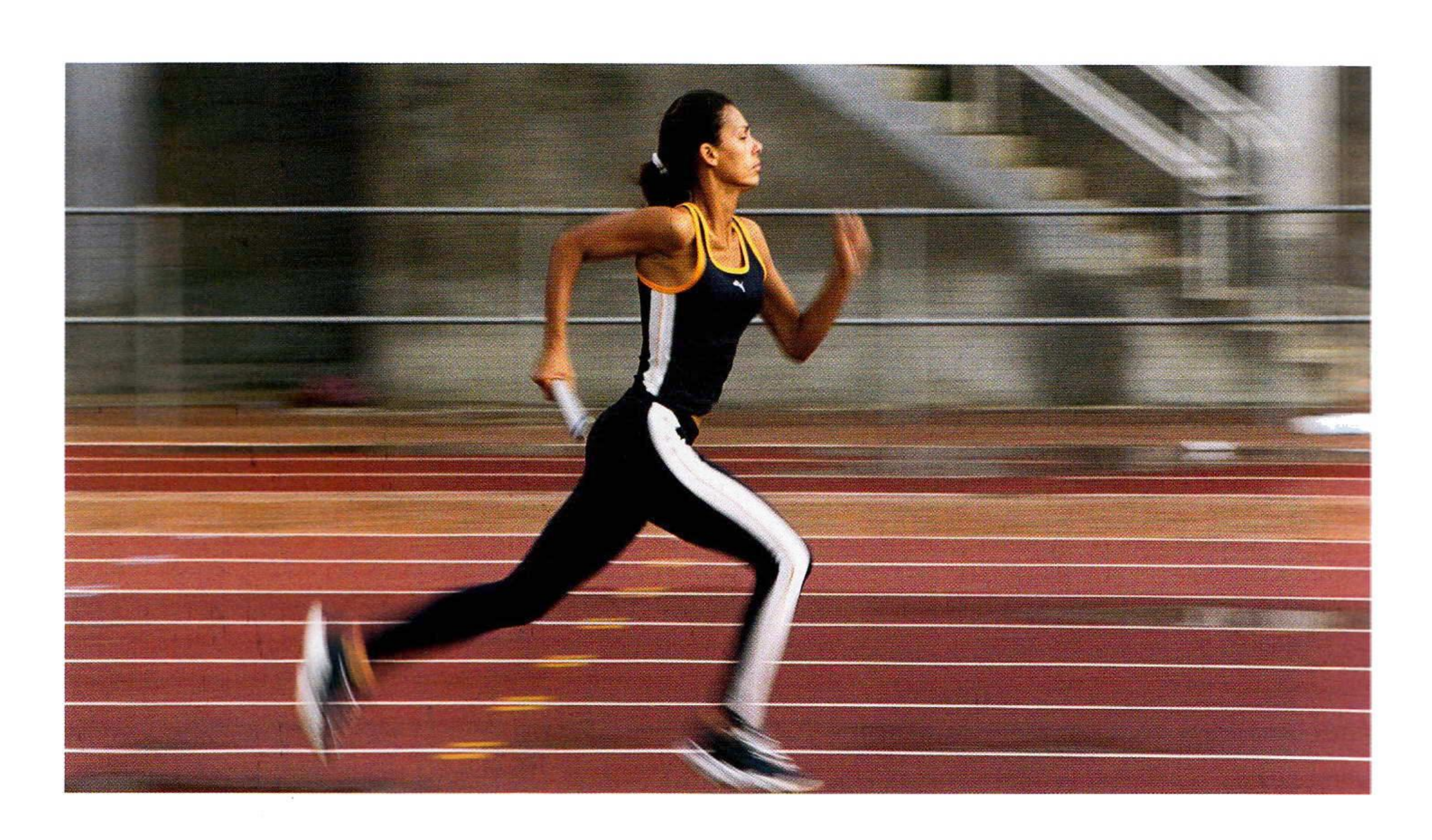
تعتمد كل أشكال الحياة على مجموعة معقدة من العمليات الكيماوية التى تؤدى إلى تكوين مواد جديدة والتخلص من مواد غير مرغوبة فى وقت واحد. وهاتان العمليتان تحتاجان إلى الطاقة لكى تحدثا. والأيض (التمثيل الغذائى) هى الكلمة التى تصف كل هذه العمليات معًا. والكلمة الإنجليزية metabolism مأخوذة من أصل لاتينى ومعناها «أن تقذف بطريقة مختلفة» ويمكن ترجمتها تقريبًا بمعنى «التغير». وتحدث العمليات الأيضية (عمليات التمثيل الغذائى) طوال الوقت، وفيها تتكون مواد كيماوية وتتكسر مواد أخرى. وهناك نوعان من العمليات التى تحدث- الهدم والبناء.

الهدم

الهدم، أساسًا، تكسير مواد كيماوية معقدة التركيب إلى مواد بسيطة التركيب لإطلاق الطاقة؛ وجزء من هذه الطاقة يُستخدم لجعل العضلات تتحرك وتحفظ الجسم دافئًا. ومعظم الطاقة يستخدم فى تشغيل عمليات البناء.

يحدث الهدم بتكسير المواد الكيماوية الغنية بالطاقة التى يحصل عليها الجسم من الغذاء كالأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية، والنشا والسكر. أما النشا والسكر فكلاهما من النشويات (الكربوهيدرات)، وقد اكتسبت الكربوهيدرات اسمها؛ لأنها تتركب أساسًا من الكربون والهيدروجين. والكربوهيدرات هى مصدر الطاقة الأساسى للجسم. فعندما تؤكل الكربوهيدرات،

▼ **خلايا عضلات هذه الفتاة الرياضية تقوم بعملية هدم سريعة تحوّل فيها السكر إلى طاقة؛ وذلك لكى تظل فى حالة حركة. وحرق كل هذا السكر يحتاج إلى كمية كبيرة من الأكسجين؛ لذا يجب عليها أن تتنفس بعمق.**





▲ **ينخفض معدل الأيض بالجسم أثناء النوم إلى حدّه الأدنى، وهذا ما يعرف بمعدل الأيض القاعدى (BMR). ويكون معدل الأيض القاعدى للمرأة أدنى قليلاً منه لدى الرجال؛ لأن جسم المرأة به كمية أكبر من الدهون التى تحافظ على حرارة الجسم.**

يقوم الجسم بتحويلها إلى صورة من السكر تسمى الجلوكوز، ثم يتوزع الجلوكوز على خلايا الجسم بواسطة الدم.

وتهدم الخلايا الجلوكوز لإطلاق الطاقة. وهذه العملية تسمى التنفس الخلوى، وفيها ينفصل الكربون عن الهيدروجين فى الجلوكوز لإطلاق الطاقة.

ويتحد الهيدروجين مع الأكسجين فيتكون الماء، بينما يتحد الكربون مع الأكسجين فيتكون ثانى أكسيد الكربون.

ويحدث هدم الجلوكوز على خطوتيْن: إنه يبدأ بتحللِ الجلوكوز، يتكسر الجلوكوز أولاً إلى حمض البيروفيك ويُطلق قليلاً من طاقته. أما الخطوة التالية، وتسمى دورة كريبس، فلا تحدث إلاّ فى وجود الأكسجين. أولاً، يتحول حمض البيروفيك إلى مرافق إنزيم الأسيتيل أ. ثم يتحد مرافق أسيتيل أ مع الأكسجين فى سلسلة من التفاعلات تؤدى إلى إنتاج ثانى أكسيد الكربون. وثانى أكسيد الكربون سام ويتخلص منه الجسم أثناء عملية الزفير.

فى الوقت ذاته، تنطلق كميات كبيرة من الطاقة وتختزن فى مادة كيماوية تسمى ثالث فوسفات أدينوزين ATP andenosine triphosphate. وتكون هذه الطاقة متاحة للاستخدام فى عمليات الجسم الأخرى. وإذا لم تكن هناك كربوهيدرات تكفى لتوفير الطاقة المطلوبة، يبدأ الجسم فى تكسير الدهون، بل حتى البروتينات أحيانًا.

يمكن للأحماض الدهنية أن تقدم الطاقة أيضًا، لكنها تنهدم بطريقة مختلفة. إنها تتحول أولاً إلى مرافق إنزيم أسيتيل أ، وتدخل عبر دورة كربس. والأحماض الأمينية أيضًا تستطيع أن تقدم الطاقة من خلال مرورها فى دورة كريبس، ولكن يجب تحويلها أولاً إلى الصورة المناسبة داخل الكبد.

البناء

البناء عكس الهدم. إنه العملية التى يستخدمها الجسم لبناء وتكوين مواد كيماوية معقدة من مواد أبسط تركيبا. وبهذه الطريقة يصنع الجسم البروتينات الهيكلية، التى تستخدم فى تجديد الأنسجة ونمو أنسجة جديدة، والبروتينات الوظيفية التى تؤدى مهام محددة فى الجسم، مثل الإنزيمات التى تسرّع التفاعلات الكيماوية والهرمونات التى تحفز كثيرًا من العمليات التى تحدث فى الجسم. والعمليات البنائية تصنع الدهون lipids أيضًا- وهى المواد الدهنية التى يستخدمها الجسم لربط الخلايا معًا.

معدّل الأيض

تتحكم الهرمونات فى السرعة التى بها تُبنى المواد الكيماوية فى الجسم أو تتكسر، ولا سيّما تلك الهرمونات التى تفرزها الغدة الدرقية، كهرمون الثيروكسين. وتتحكم فى معدل الأيض (التمثيل الغذائى) أيضًا عوامل منها نوع الغذاء ودرجة الحرارة. «والمعدل الأيضى» لشخص ما هو كمية الطاقة التى يستخدمها خلال ساعة واحدة. وهى تقاس عادة بالكيلو سعر حرارى. والكيلو سعر حرارى يساوى 1000 سعر حرارى صغير (1000 جرام كالورى= 1 كيلو كالورى).

أثناء الجرى مثلاً، يزداد المعدل الأيضى للعداء زيادة هائلة، وتستخدم كمية كبيرة من الطاقة فى وقت قصير جدًا. تأتى الطاقة

إلى العضلات فى صورة ATP ثلاثى فوسفات الأدينوزين، وهى تكون عند تكسر الجلوكوز أثناء التنفس. وكمية الطاقة الواصلة إلى العضلات تعتمد على عدد من العوامل، أهمها كمية الأكسجين المتاح.

والمعدل الأيضى نوعان: المعدل الأيضى القاعدى (الأساس) لشخص ما (BMR) وهو كمية الطاقة المستخدمة عندما يكون هذا الشخص فى حالة راحة تامة، وهى المطلوبة للحفاظ على عمل الجسم من دون القيام بأى نشاط عضلى. والمعدل الأيضى القاعدى للرجل يكون عادة أعلى قليلا من المعدل الأيضى القاعدى للمرأة، لأن وزن المرأة يكون أقل قليلاً فى العادة عن وزن الرجل؛ ولأن جسم المرأة يحتوى على دهون أكثر للحفاظ على حرارة الجسم. وللرجل المتوسط الحجم معدل أيضى قاعدى يقدر بنحو 65 كيلو سُعر فى الساعة، وللمرأة المتوسطة الجسم معدل أيضى قاعدى يقدر بنحو55 كيلو سُعر فى الساعة.

عندما يستخدم شخص ما عضلاته، يضاف جزء ثان إلى المعدل الأيضى القاعدى (BMR). فكلما زاد الجهد العضلى، زادت الطاقة المستهلكة. فالرجل مثلاً قد يستهلك نحو 90 كيلو كالورى فى الساعة؛ إذا كان جالسًا يفعل شيئًا، ويستهلك 320 كيلو كالورى فى الساعة عندما يمشى، ويستهلك 600 كيلو كالورى فى الساعة عندما يجرى. أما المرأة فإنها تستهلك 70 كيلو كالورى فى الساعة وهى جالسة، 180 وهى تمشى، و420 عندما تجرى.

هل تعلم؟

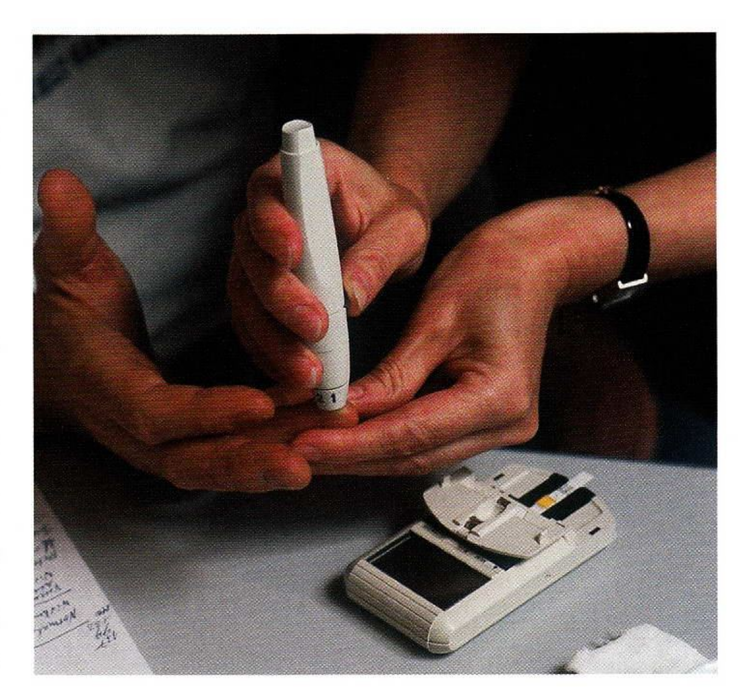
أن الأيض (التمثيل الغذائى) ينتج كثيرًا من المخلفات الكيماوية التى يجب أن يتخلص منها الجسم عن طريق ما يعرف بالإخراج. ويحدث الإخراج عادة عن طريق العرق أو التبول أو التنفس.

كيف يُستخدم الطعام فى الجسم؟

تأتى معظم الطاقة من الكربوهيدرات، ولكن عند الضرورة يمكن أن تستخدم الدهون والبروتينات أيضًا للإمداد بالطاقة. ومعظم البروتينات، مع بعض الكربوهيدرات والدهون، تستخدم لبناء الخلايا وتجديدها. وتوجد البروتينات فى صورة إنزيمات، تعمل على الإسراع فى حدوث التفاعلات الكيماوية التى تسبب النمو فى الخلايا، وخصوصًا تحت الظروف الطبيعية- أى عندما لا يكون النظام العضوى حمضيا ولا قاعديًا (قلويا).

▶ يوضح هذا الهرم عدد الوجبات (الوحدات) اليومية التى ينبغى على الشخص اختيارها من كل مجموعة من مجموعات الطعام. وللحصول على وجبات متوازنة ينبغى على الشخص أن يأكل طعامًا من كل مجموعة.

دهون وزيوت
سكريات (إضافية)
سكريات (تؤكل باقتصاد)
لحوم، دواجن، أسماك، بقول جافة، بيض، مكسرات (2-3 وجبات)
لبن، زبادى، جبن (2-3 وجبات)
فاكهة (2-3 وجبات)
خضروات (3 - 5 وجبات)
حبوب (6-11 وجبة)



▶ أم تفحص مستويات سكر الدم لدى طفلها المريض بالسكر. ويعتبر مرض السكر أحد المشكلات الأيضية؛ حيث لا يقوم البنكرياس بتصنيع ما يكفى من هرمون الأنسولين. ونقص الأنسولين يعوق قدرة الجسم على تمثيل الجلوكوز.

بروتينات ودهون

تتكون البروتينات من توليفات متنوعة من حوالى 20 حمضًا أمينيًا مختلفًا تمامًا مثلما يمكننا تكوين كلمات ذات أطوال ومعان مختلفة من 26 حرفًا فقط من حروف الأبجدية. فقد يلزم عدد قليل، أو ربمّا عدد كبير، من الأحماض الأمينية المختلفة لتكوين بروتينات مختلفة.

تُختزن الدهون فى النسيج الدهنى، وهو النسيج الذى يعمل كطبقة عازلة للجسم، كما يعتبر مستودعًا للطاقة إلى حين الحاجة إليها. ويمكن للكربوهيدرات والبروتينات الزائدة أن تختزن أيضًا على صورة دهون. والشخص الذى لا يتناول كمية كافية من الطعام يستهلك كل الاحتياطيات المخزونة ويفقد جزءًا من وزنه، بينما الشخص الذى يأكل طعامًا أكثر من حاجته يختزن جسمه هذه الزيادة فى صورة دهون. ويحصل الأطفال على الطاقة التى يحتاجونها من الطعام الذى يستهلكونه. وهم يحتاجون الطاقة ليس فقط من أجل نشاطهم العضلى، بل من أجل نموهم أيضًا.

مشكلات الأيض (التمثيل الغذائى)

تؤثر الإنزيمات على التفاعلات الكيماوية من خلال دورها كعوامل مساعدة تزيد من سرعة التفاعلات الكيماوية، ونتيجة لذلك تتمكن خلايا الجسم من الحصول على ما تحتاجه من مواد. ولكن بعض مشكلات التمثيل الغذائى قد تحدث بسبب نقص بعض الإنزيمات.

وللأيض الفعال، الذى لا غنى عنه لكى يعمل الجسم بصورة طبيعية، متطلبات تقتضى إمدادًا منتظمًا ومتوازنًا من المواد الغذائية. فالنظام الغذائى السيئ، كالإفراط فى الأكل أو عدم الحصول على ما يكفى من طعام، أو الإفراط حتى فى بعض الأدوية قد يؤثر على نظام التمثيل الغذائى، وربما يسبب مشكلات مميتة. فنقص إنزيم واحد فقط قد يغلق أحد المسارات الكيماوية؛ مما يسبب تكوّن كمية كبيرة جدًا من مادة كيماوية بعينها داخل الجسم.

تتحكم الهرمونات فى العمليات الحيوية كالنمو وحرق مخزونات الطاقة. ونقص إنتاج الهرمونات قد يسبب (مشكلات للتمثيل الغذائى). فمرض السكر، مثلا يُعد واحدًا من الأمراض الناجمة عن مشكلة أيضية تحدث عندما لا يفرز البنكرياس ما يكفى الجسم من الأنسولين-وهو الهرمون الذى يمكن خلايا الجسم من تمثيل الجلوكوز. عندئذ يتراكم الجلوكوز فى الدم.

وللحصول على الطاقة تتكسر مخزونات الدهون، لكنها لا يمكنها أن تنهدم فتؤدى المواد غير المُعاملة (التى لم تخضع للتجهيز) إلى تسمم الجسم. والناس الذين يعانون من مرض السكر يجب عليهم مراعاة تناول الطعام المناسب.

كما أن ممارسة التمارينات الرياضية مهمة لهم أيضًا. ونصف من لديهم مرض السكر تقريبًا يحتاجون إلى الحقن بالأنسولين.

ومعظم مشكلات التمثيل الغذائى تنتج من عدم التوازن بين الطعام الذى يؤكل والطاقة التى تستهلك. فالشخص النشط، أو الشخص الذى لديه معدل أيضى عالٍ، يحتاج كمية كبيرة من الغذاء. وينطبق هذا القول على معظم الأطفال فى طور النمو. وإذا تناول الإنسان قدرًا غير كافٍ من الطعام، فسوف يفقد بعضًا من وزنه. ومن ناحية أخرى، فإن الشخص غير النشط، أو الشخص الذى لديه معدل أيضى منخفض، يحتاج قدرًا أقل كثيرًا من الطعام. فإذا تناول قدرًا زائدًا من الطعام فلن يُستهلك. وبدلاً من ذلك يتحول إلى دهون. وتراكم الدهون فى الجسم ربما يؤدى إلى مشكلات صحية خطيرة، كالبدانة وما يتبعها من مخاطر مثل أمراض القلب.

الإيقاع البيولوجى

كثير من الناس الذين اعتادوا الاستيقاظ فى وقت محدد كل صباح، يستيقظون قبل أن يرن جرس المنبه بلحظات. ويبدو أن العقل يحتوى على ساعة غامضة توقظهم فى الوقت المناسب بالضبط. وهذه هى «الساعة البيولوجية»، وتعمل عن طريق الإيقاع البيولوجى.

تتأثر حياة الناس باستمرار بالعالم الذى يعيشون فيه. وتدور الأرض حول محورها مرة كل يوم، وينتج عن ذلك تعاقب الليل والنهار. وتتغير الفصول أثناء دوران الأرض حول الشمس. وقد لا يلاحظ الإنسان التغيرات فى ضغط الهواء والضوء والحرارة، والتى تحدث طوال الوقت. وقد اعتاد الناس، وكذلك الحيوانات والنباتات، على الدورة اليومية المكونة من 24 ساعة. ويسمى العلماء هذه الدورة بدورة الإيقاع اليومى. ويعى الناس- بشكل عام - أكثر مظاهر الإيقاع اليومى وضوحًا - أى النوم واليقظة. ولكن، هناك عمليات أخرى كثيرة يقوم بها الجسم وتختلف فى أوقات معينة أثناء النهار والليل. مثلاً، معدل التنفس، ضغط الدم، وحرارة الجسم، وسرعة النبض، وكثير من عمليات الحياة الأخرى التى تتغير حسب الساعة البيولوجية الخفية للإنسان. والواقع أن الناس لا يمكن أن يتمتعوا بصحة طيبة طول الوقت إلا لو كانت كل عمليات الإيقاع الجسدى تعمل معًا.



ناس الصباح وناس المساء

يختلف إيقاع الجسم من شخص إلى آخر. بعض الناس يحبون الاستيقاظ مبكرًا ويؤدون أعمالهم على أفضل وجه فى الصباح. بينما يستيقظ آخرون بصعوبة ويكون عملهم أفضل فى وقت متأخر من اليوم. ويبدو أن هذا له علاقة بحرارة الجسم. ففى كل يوم ترتفع حرارة الإنسان وتنخفض بانتظام بحوالى درجتين أو ثلاث درجات. وتحدث هذه التغيرات الحرارية دائمًا فى الوقت ذاته من اليوم. فبالنسبة إلى الأشخاص الذين ينامون ليلاً، تكون أعلى درجة حرارة للجسم عادة فى فترة ما بعد الظهر أو فى المساء. وهذه الفترة من ارتفاع الحرارة هى عادة أفضل أوقات اليوم بالنسبة إلى الإنسان.

وتصل درجة حرارة الجسم إلى أدنى مستوياتها أثناء النوم، وترتفع عندما يقترب الوقت الذى يستيقظ فيه الإنسان. والناس الذين يتمتعون بالحيوية والنشاط عند الاستيقاظ ترتفع درجة الحرارة لديهم عادة فى وقت مبكر عن المعتاد. أما الذين يستيقظون ببطء ويجدون صعوبة فى النهوض من الفراش تكون دورة الحرارة فى أجسامهم قد بدأت توًا فى الارتفاع وقت استيقاظهم من النوم. ويبدو أن معدل النبض يتبع حرارة الجسم. فالنبض يرتفع إلى أعلى معدلاته أثناء فترة ما بعد الظهر، ويبطئ أثناء الليل.

◄ الذين يستيقظون وهم يشعرون بالتعب تكون درجة حرارة أجسادهم فى الصباح أقل من أولئك الذين يستيقظون وهم يشعرون بالنشاط. ترتفع درجة حرارة الجسم وتنخفض تبعًا لإيقاع يومى، وهذا الإيقاع يختلف من شخص إلى آخر.

وتحدث تغيرات أخرى بانتظام أثناء الإيقاع الدورى اليومى على مدى الأربع والعشرين ساعة. وبعض الغدد تعمل بشكل أفضل فى أوقات معينة من اليوم. وعندما تعمل الغدة أكثر، يشعر الناس بنشاط أكبر. وعندما تبطئ الغدد فى عملها، يشعر الناس بالتعب.

وحتى المعدل الذى تعمل به الكلى لاستخلاص البول يختلف أثناء اليوم. فعندما يكون الناس نائمين، يقل عمل الكُلى لاستخلاص البول، ولهذا نادرًا ما يضطر الإنسان للذهاب إلى الحمام أثناء الليل.

هل تعلم؟

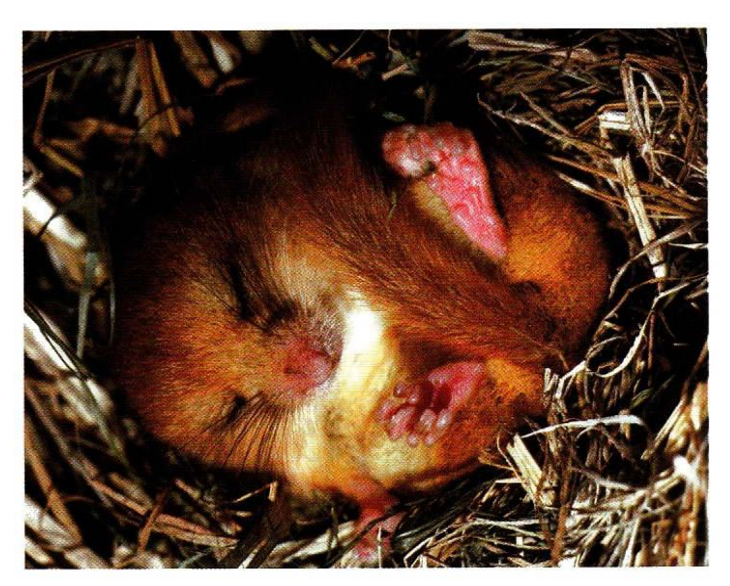
بدأ الأطباء يفهمون مسألة الإيقاع الجسدى، أخذوا يستخدمونها لمساعدة مرضاهم. فهم يعرفون الآن أن هناك وقتًا من أوقات اليوم أفضل لكل مريض لتناول دواء معين، وأحيانًا يكون الأفضل إجراء العملية الجراحية فى وقت مبكر من الصباح، أو فى وقت متأخر من اليوم.

تغير الحواس

بعض الحواس لها إيقاع أيضًا. إن حواس السمع والشم والتذوق تكون عادة فى أفضل أحوالها بين الخامسة والسابعة مساء. وهذا هو الوقت الذى يستمتع فيه معظم الناس بالأنشطة المُحرِّكة، مثل الأكل، والشرب، والاستماع إلى الموسيقى.

إيقاعات ثابتة

لمعرفة هل يمكن تغيير إيقاعات الجسم، عاش بعض الناس لفترة وصلت إلى ستة أشهر فى كهوف عميقة، وقد حرصوا على أن يظلوا فى درجة حرارة واحدة، وإضاءة صناعية طوال ساعات اليوم بكامله. وفى هذه الظروف غير الطبيعية، ظل الجسم محافظًا على إيقاعاته اليومية على مدى الساعات الأربع والعشرين. ولكن بمرور الوقت، ومن دون استخدام أى وسيلة لضبط ساعة الجسم، بدأت أنظمة جسم الشخص العادى فى الزحف إلى يوم من خمس وعشرين ساعة.



▲ بعض المخلوقات، مثل هذا الفأر النوَّام، تسْبُت طوال شهور الشتاء لتوفير طاقتها. والإيقاع البيولوجى يوجه هذه المخلوقات إلى الوقت المناسب للأكل بشراهة زائدة ليزداد وزنها ويمتلئ جسمها بالدهون، كما يوجهها إلى الوقت المناسب للدخول فى حالة السُّبات.

هناك أشياء يمكن أن تثبط إيقاعات الجسم. إذا غير أحد الأشخاص عمله من الفترة الصباحية إلى المسائية، أو سافر رحلة طويلة بالطائرة، فإن الساعة الداخلية تضطرب. فإذا سافر شخص من لوس أنجليس إلى لندن، فسوف يكون تزامنه الجسدى مختلفًا عن التوقيت بحوالى 11 ساعة. وربما تكون لديه مقابلة فى الساعة 11 صباحًا بتوقيت لندن، لكن الساعة الداخلية لجسمه ستظل تعتبر أن الوقت هو منتصف الليل بتوقيت لوس أنجليس. ومن الطبيعى أن يشعر بأنه يريد أن ينام.

ويعتقد العلماء أن الجسم يتعود على هذه الحالة من «إعياء السفر» بمعدل حوالى ساعة يوميًا. ولهذا فقد يستغرق الأمر حوالى 11 يومًا للتكيف بعد السفر من لوس أنجليس إلى لندن. وقد أظهرت الدراسات التى أجريت على الطيارين والعاملين على الطائرات، الذين يسافرون رحلات تعبر العديد من مناطق التوقيت الزمنى، أن بعض وظائفهم الجسدية يمكن أن تصبح غير منتظمة بدرجة كبيرة.

إيقاعات جسدية أخرى

إن إيقاع الجسم اليومى ليس إلا أحد إيقاعات الحياة. هناك أيضًا دورات إيقاع شهرية، وفصلية، وسنوية. وأكثر هذه الإيقاعات وضوحًا هو الدورة الشهرية للأنثى. هذا الإيقاع البيولوجى يؤثر على حالة المرأة الجسدية والعاطفية فى أوقات منتظمة شهريًا. وهذه التأثيرات يمكن أن تشمل، لدى بعض النساء، تغيرات فى معدل

التنفس، والرؤية، وقابلية التعرض للإصابة بالعدوى. ويرى بعض العلماء أن الرجال أيضًا لهم إيقاعات شهرية تتغير فيها حالاتهم المزاجية فى دورة منتظمة.

ويعتقد العلماء أيضًا أن غدة تسمى الغدة الدرقية تفرز «هُرمونًا صيفيًا» يساعد على تقليل حرارة الجسم. وبشكل ما، تفرز الغدة هذا الهورمون قبيل أشهر الصيف الحارة مباشرة.

الحيوانات والنباتات

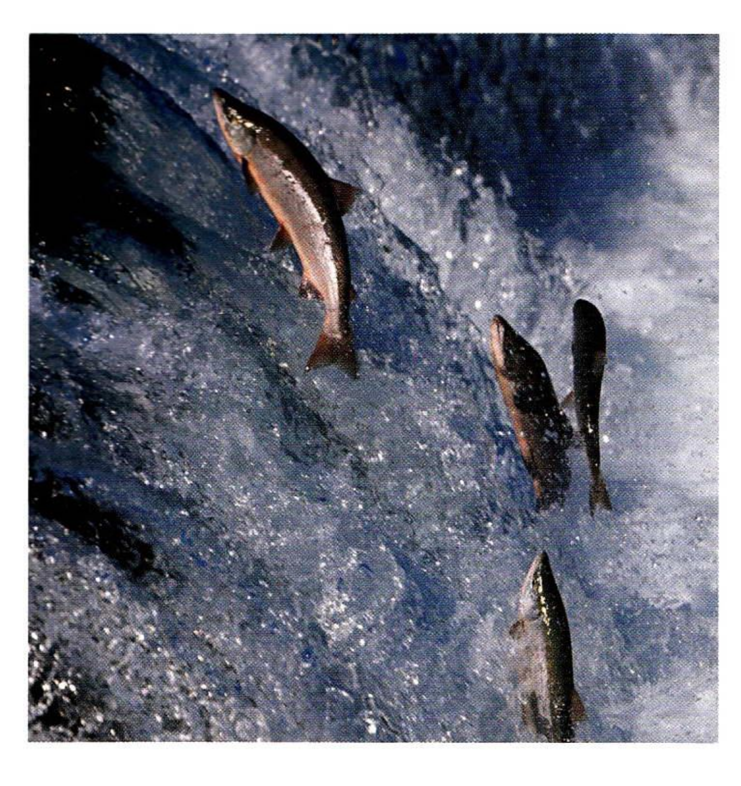
تستخدم الحيوانات والنباتات أيضًا ساعاتها الجسدية بطرق عديدة. فمن المهم بالنسبة للخفاش الموجود فى كهف مظلم، والعقرب المختبئ فى حفرة، أن يعرف أن الشمس قد غربت وأن الوقت قد حان للخروج والبحث عن الطعام. كذلك يستخدم النحل ساعته الداخلية عندما يذهب للبحث عن الطعام أيضًا. ويظل النحل يذهب إلى الزهور ذاتها فى الوقت ذاته تمامًا، يومًا بعد يوم. وقد اكتشف علماء النباتات أن بعض الزهور تنتج معظم رحيقها فى أوقات معينة من اليوم. وبمرور الوقت، يكون النحل والزهور قد تزامنت ساعاتهما العضوية. فالنحل يأتى دائمًا ليمتص الرحيق، وتلك فرصة بالنسبة إلى الزهور أيضًا لكى تتلقى لقاحها.

ويرى علماء الحيوان أن السُّبات لدى بعض الحيوانات يحدث نتيجة إيقاعات جسدية. عندما تنخفض الحرارة تحت مستوى معين، كما فى أشهر الشتاء، تدخل كثير من الزواحف فى حالة السُّبات. وربما تتسبب درجات الحرارة المنخفضة فى فقدان شهية الحيوان الزاحف للطعام؛ مما يجعله يبدأ السُّبات. وهناك حيوانات أخرى تسبُت بسبب أن اليوم يصبح أقصر أو بسبب قلة الطعام. ويختلف موعد السُّبات عند حيوان القنفذ فى أى وقت منذ بداية الشتاء، اعتمادًا على كمية الطعام المتاحة وطول اليوم.

وطبيعى أن الساعة البيولوجية ليست بالضرورة دقيقة جدًا. لكن الطيور والحيوانات التى تهاجر بحاجة إلى الإحساس الدقيق

هل تعلم؟

أجريت تجارب مع الناس الذين يتم علاجهم باستخدام طريقة التنويم المغنطيسى. ووجد أن ساعاتهم البيولوجية توقظهم فى أوقات معينة ليقوموا بمهام معينة، حتى وهم لا يزالون تحت تأثير التنويم المغنطيسى.



▲ **الإيقاع البيولوجى يجعل سمك السالمون يعرف متى يبدأ هجرته من البحر إلى الأنهار من أجل التكاثر. فالإيقاع البيولوجى يجعل من المؤكد أن تصل جميع أسماك السالمون وتفرخ معًا؛ وذلك يمنح البيض فرصة أفضل للإفلات من الأسماك والحيوانات البحرية الأخرى التى تحب أكله.**

بالتوقيت. ويبدو أن الحيوانات يمكن أن تعتمد فى معرفة اتجاهها أثناء الرحلة على «مشاهداتها» للشمس والنجوم. لكن موقع الشمس والنجوم لا يكون أبدًا محددًا تمامًا فى السماء. وربما يكون الحيوان بحاجة إلى معرفة فروق التوقيت الدقيقة بين موقع وآخر ليظل محافظًا على اتجاهه.

نريد أن نعرف أكثر

هناك الكثير من الأسباب التى قيلت فى كيف يحدث الإيقاع البيولوجى لجسم الإنسان. ويبدو أن الأطفال حديثى الولادة ليس لديهم إيقاع بيولوجى فى الأسابيع الأولى من حياتهم؛ فهم ينامون ويستيقظون فى أى وقت بالليل أو بالنهار. ويبدو أنهم لابد أن يتعلموا الانتظام على أساس اليوم المكون من 24 ساعة.

فى السنوات الأولى من ستينيات القرن العشرين، بدأ العلماء لأول مرة يحاولون اكتشاف حقيقة الإيقاع البيولوجى للإنسان. ويبدو من المحتمل أن ما يكتشفونه عن هذه الساعة الداخلية الغامضة سوف يلعب دورًا أكبر كثيرًا فى المستقبل فى كيفية تعامل الأطباء مع الجسم البشرى، وعلاجه.

بذْلة الفضاء

لابد من ارتداء بذلة فضاء عندما يقوم أى رائد فضاء بمغادرة مركبة فضائية. وتتولى بذلة الفضاء تدفئة رائد الفضاء، وتزويده بالهواء اللازم لتنفسه، وحمايته من الأنقاض الفضائية مثل الصخور، كما تحتوى على كيس من الماء حتى يستطيع رائد الفضاء الشرب عند الحاجة.

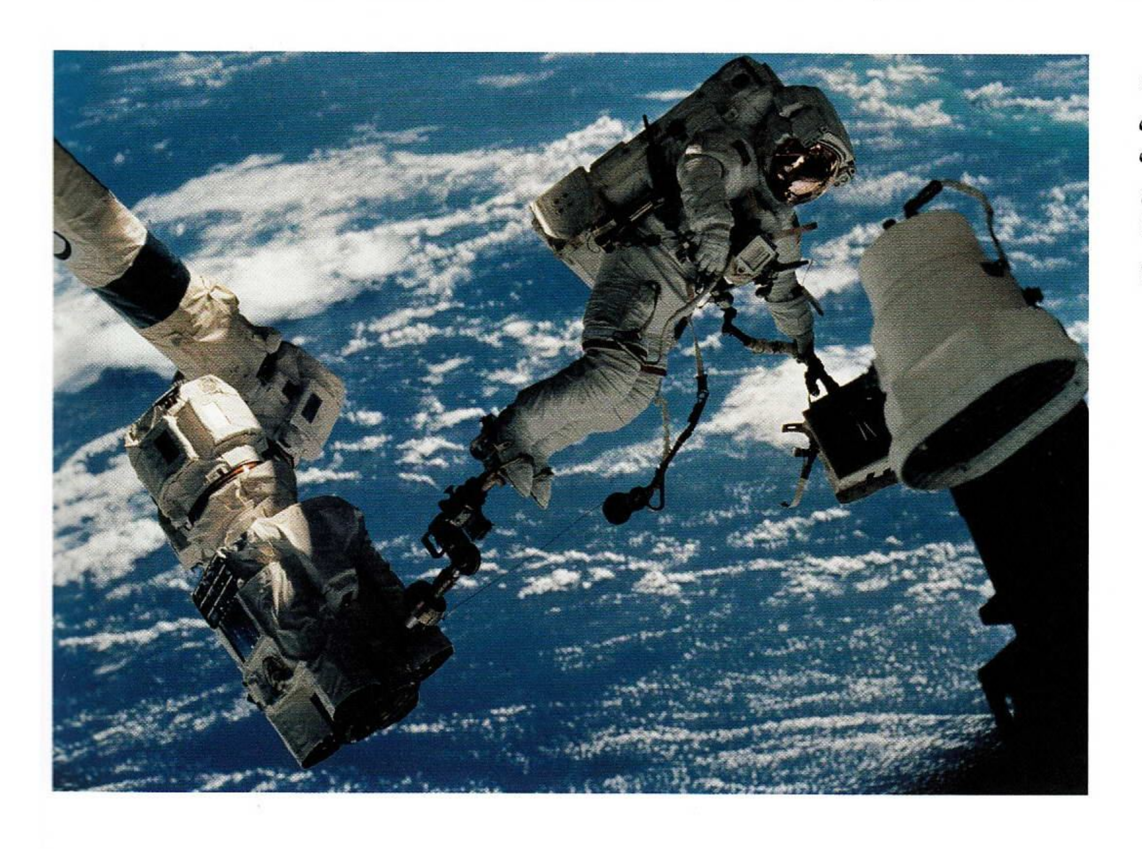
عندما يخرج رواد الفضاء من مركبة فضائية، يكونون فى حاجة للحماية والدعم، مثل ما كانوا يتمتعون به من أمان داخل المركبة، لذلك يطلق أحيانًا على بذلة الفضاء اسم «مركبة الفضاء التى يديرها البشر».

لماذا الاحتياج لبذلة الفضاء؟

البيئة فى الفضاء قاسية للغاية. فلا يوجد هواء للتنفس، ولا يوجد ضغط، ومن شأن سوائل الجسم أن تغلى وتتبخر سريعًا فى هذا المحيط. كما أن درجة الحرارة قد تكون باردة جدًا، أو حارة جدًا، ويتعرض رواد الفضاء دائمًا لخطر إصابتهم، والارتطام بالصخور الصغيرة المسماة بالنيازك الدقيقة التى تتحرك فى أغوار الفضاء بسرعات فائقة. ولولا بدلات الفضاء المعقدة التى تحمى الرواد لماتوا سريعًا فى الفضاء. والبذلة الفضائية ليست مجرد بذلة واحدة، ولكنها تتكون من طبقات قد تزيد عن العشرين (سيتم استعراض الطبقة الداخلية والطبقات الخارجية فى الصفحات التالية).

البذلة الداخلية

يرتدى رائد الفضاء أولاً الثوب الخاص بالتبريد والتهوية، وهو ثوب مرن مطاط، ومكون من قطعة واحدة، ويتم ارتداؤه ملاصقًا للجلد، ويغلق من الأمام بـ «سوستة»، وبه ثقوب للتهوية، حتى يمكن للهواء الوصول إلى الجلد، وبه كذلك شبكة من الأنابيب يجرى فيها ماء مبرد، للإبقاء على برودة جسم رائد الفضاء، أثناء قيامه بمهام شاقة. وتغطى القدمين جوارب من نفس المادة يتم لصقها بالبذلة الأساسية. كذلك يثبت كيس لجمع البول فى أعلى فخذ رائد الفضاء، وتحت ثوب التبريد والتهوية. كما يثبت كيس لمياه الشرب فى الجزء الأساسى من الثوب.



◄ **رائد الفضاء ديفيد أ. وولف وهو يقوم بتركيب آلة تصوير على محطة الفضاء الدولية، ومثبت بواسطة مكابح للأقدام، واقف على جهاز المناورة عن بعد، ومرتديًا بذلته الخاصة بالحركة خارج المركبة.**

مقياس ضغط الإمداد بالأكسجين
خزان أكسجين للطوارئ
هوائى الراديو
جهاز لاسلكى
حقيبة ظهر
نافث الهواء المبرد
خوذة مكيفة الضغط
واجهة الخوذة
مضخة السائل المبرد
وحدة تحكم فى حقيبة الظهر
أنبوب تبريد
مقياس ضغط هواء البذلة
إمداد الأكسجين
صندوق إسعافات أولية
جيب لعينات الصخور
بذلة داخلية مقاومة للحرارة
بذلة خارجية من نسيج زجاجى

▲ **بذلة الفضاء التى ارتداها رواد الفضاء الأمريكيون أثناء رحلات «أبوللو» إلى القمر. تتكون البذلة من أكثر من 20 طبقة، ولها حمل على الظهر يتضمن الأوكسجين ومعدات التزود بالسائل المبرد، وجهاز اللاسلكى.**

معدات الرأس

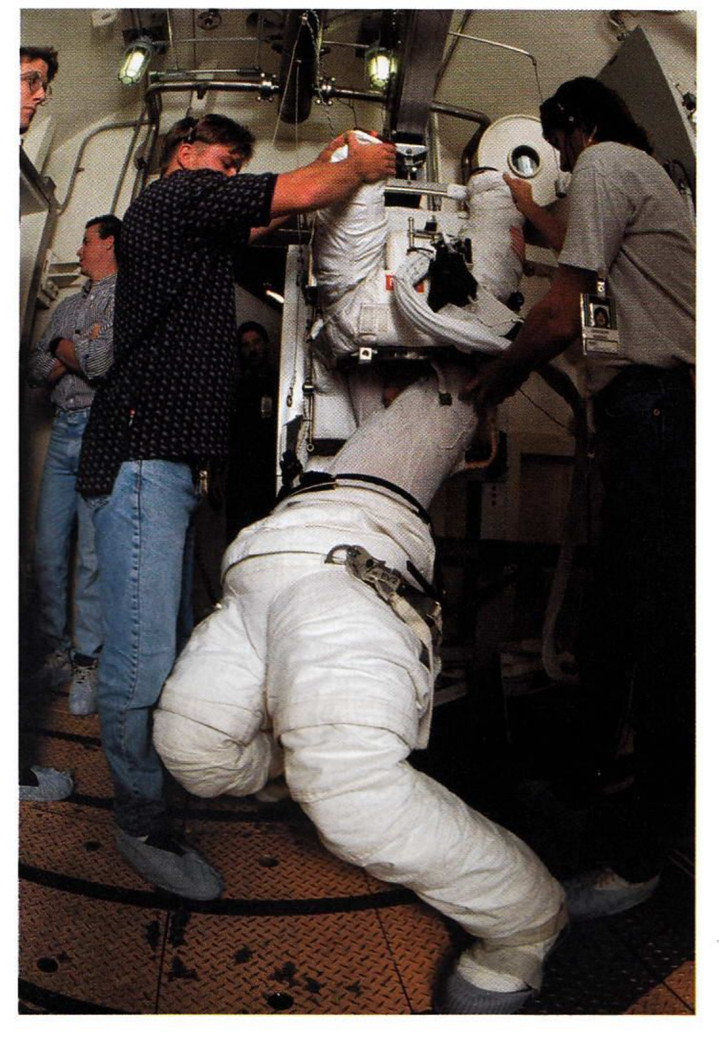
يرتدى رائد الفضاء بعد ذلك معدات الرأس التى تثبت بإحكام، ويوجد بها سماعات، وميكروفون ليتمكن من الاتصال بباقى أعضاء الفريق وبمركز التحكم بالإدارة على الأرض. كذلك يرتبط هذا النظام بأجهزة إنذار، فإذا حدث أى خلل فى بذلة الفضاء، أو فى مجموعة الأحمال الظهرية، تصدر السماعات نغمة مستمرة لتنذر رائد الفضاء بوجود المشكلة.

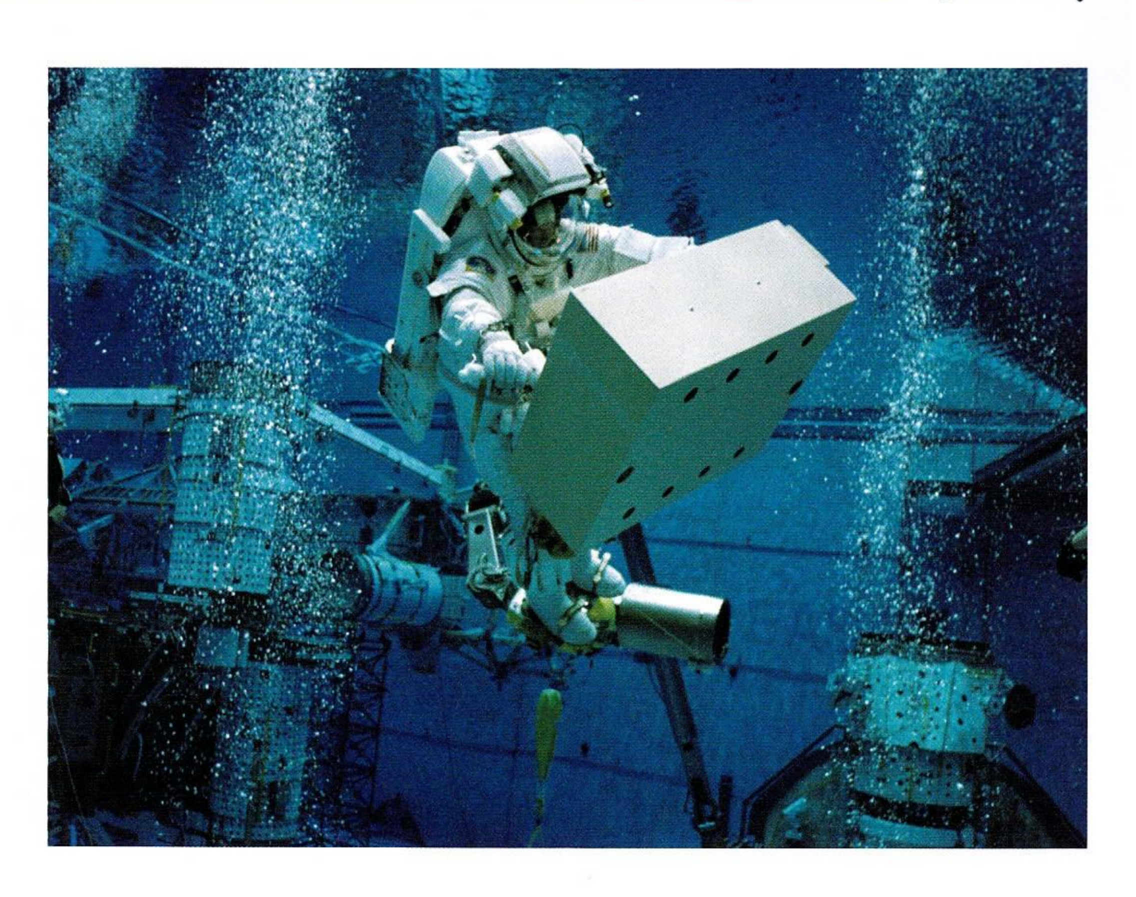
البذلة الخارجية

بمجرد توصيل البذلة الداخلية بالبذلة الخارجية، يدخل رائد الفضاء بقدميه فى النصف الأسفل من البذلة الخارجية، مغطيًا بذلك الأقدام والأرجل، والنصف السفلى من الجسم. ثم يقوم رائد الفضاء بالدخول متلويًا فى الجزء العلوى من البذلة، بادئًا برأسه. ويتم ضم النصفين، وتثبيتهما بواسطة مثبتات فى حلقة معدنية دائرية الشكل، لإحكام الغلق بدرجة لا تسمح بنفاذ الهواء وبنفس الأسلوب، يتم تثبيت القفازات والخوذة.

تتميز البذلة الخارجية بمتانة كافية للحماية من النيازك الدقيقة عالية السرعة، ومن الأشعة الكونية، ومن الاحتكاك بصخور القمر، أو مركبة الفضاء. كذلك تتسم البذلة الخارجية بمرونة كافية، لتسمح لرائد الفضاء بحرية التجول.

▼ **يقوم المعاونون بمساعدة ستورى ماسجريف، رائد المكوك الفضائى، لارتداء بذلته الفضائية. وهو يعد نفسه لدخول غرفة مفرغة للتدريب على القيام بإصلاح التلسكوب الفضائى «هابل».**





رائد الفضاء كريستر فوجليسانج مرتديًا نموذجًا للتدريب من البذلة الفضائية المخصصة للتحرك خارج المركبة، في أثناء تجربة تحت الماء لتقليد ظروف الحركة خارج المركبة.

دعم الحياة

يقدم الحمل الظهرى الدعم اللازم لحياة رائد الفضاء، وهو ثقيل الوزن بالفعل حيث يزن حوالى 73 كيلو جرامًا، إلا أنه فى ظل انعدام الوزن الموجود فى الفضاء، فلا يعد حمله مستكثرًا على رائد الفضاء.

إن الوظائف الأساسية للحمل الظهرى هى توفير الأكسجين اللازم للتنفس، والتخلص من نفايات ثانى أكسيد الكربون، وبخار الماء، والمحافظة على ثبات درجة حرارة بذلة الفضاء، والإبقاء على الاتصال بين رائد الفضاء والمركبة الفضائية.

التنفس

يدخل الأكسجين من المعدات على الظهر إلى البذلة الفضائية، ومنها إلى الجسم، حيث يتنفس رائد الفضاء الاكسجين، ويخرج ثانى أكسيد الكربون، وبخار الماء الذى يتم إفرازه أيضًا من خلال العرق. ثم يتم التخلص من كل هذه الغازات من خلال الثقوب القريبة من القدمين والرسغين، ومن هناك يعود الهواء إلى الحقيبة الظهرية، حيث يجرى ترشيحه للتخلص من ثانى أكسيد الكربون، أو أى غبار، أو رائحة. ثم يجرى تبريده بواسطة ماكينة تسمى بجهاز التسامى (وهى تعمل بأسلوب مشابه للثلاجة) قبل إعادته إلى البذلة.

التحكم فى درجة الحرارة

يتم تحديد درجة حرارة البذلة الفضائية بمعرفة رائد الفضاء، ثم تتم المحافظة عليها بواسطة المياه المبردة الصادرة من الحقيبة الظهرية، والتى تمر فى الثوب الداخلى. ويجرى تبريد المياه فى جهاز التسامى (المشابه للثلاجة)، وباستطاعة الثوب الداخلى التخلص بسهولة من الحرارة والعرق الناتجين من قيام رائد الفضاء بأشق الأعمال.

تتضمن الحقيبة الظهرية أيضًا جهاز اللاسلكى، وكمية مناسبة من الأكسجين ومياهًا للتبريد تكفى للقيام بأنشطة خارج المركبة لمدة 30 دقيقة لاستعمالها فى حالة حدوث خلل فى الإمداد الأساسى.

البذلة التى يعاد استخدامها

من أجل رحلات مكوك الفضاء الأكثر حداثة، يُزوّد رواد الفضاء ببذلات فضائية ذات حجم واحد، والأجزاء الوحيدة التى يتم تفصيلها حسب الأحجام المختلفة، هى القفازات والأحذية. وهذا يعنى تفصيل البذلات الفضائية لتناسب أى رائد فضائى. ومثلها مثل المكوك ذاته، فهى مصممة لتبقى لعدة سنوات، ولاستخدامها لمرات كثيرة، بواسطة عدد من الناس.

البركان

البراكين قد تسبب أضرارًا جسيمة لكنها ساعدت أيضًا فى خلق المناخ والمحيطات من خلال إطلاق الغازات وبخار الماء من داخل الأرض. وتعمل البراكين أيضًا على تجديد خصوبة التربة، فالتربة المتكونة من الصخور البركانية عادة ما تجود فيها زراعة المحاصيل.



▲ **أدى انفجار جبل سانت هيلين سنة 1980 إلى الإطاحة بالجانب الشمالى من البركان. وعلى حافة فوهة البركان تنمو قبة لابية جديدة، والانبعاثات الصغيرة من الغاز والدخان تدل على أن البركان لا يزال نشطًا.**

البراكين هى فتحات فى قشرة الأرض. تحدث البراكين عندما تندفع مادة منصهرة، تسمى الماجما (الصهير)، من باطن الأرض إلى السطح. وتتكون الماجما من صخور منصهرة تسمى اللافا وغازات بركانية تحتوى على بخار الماء. وتتراوح درجة حرارة الماجما ما بين 1093 إلى 1199 درجة مئوية. وبالقرب من السطح قد تنفصل الغازات عن اللافا. عندئذ تندفع اللافا فى قنوات عريضة، تحرق وتدفن كل شىء يعترض مسارها حتى تبرد وتتصلب فى نهاية المطاف.

وقد انتشرت تدفقات الحمم البركانية (اللافا) على مساحات واسعة من سطح الأرض، مثل هضاب كولومبيا وأحواض نهر الأفعى فى واشنطن وأوريجون. ففى هذه المناطق غطت اللافا مساحة تقدر بنحو 300,000 كيلومتر مربع. وقد وصل طول بعض تدفقات اللافا المنفردة إلى نحو 195 كيلومترًا. ويعد البازلت أكثر أنواع الصخور التى تكونها تدفقات اللافا شيوعًا.

وفى بعض الأحيان تبقى الغازات فى الماجما. فى هذه الحالات تتمدد الغازات وتفتت الماجما إلى شظايا، تعرف بالفلز البركانى، تنطلق فى الهواء. وتحتوى على مواد دقيقة كالغبار البركانى والرماد البركاني. بعض هذه الشظايا، ويسمى فلذة حجرية، يكون حجمه مماثلًا لحجم حصاة، بينما يكون حجم البعض الآخر كبيرًا مثل رغيف من الخبز أو ربما أكبر. هذه الشظايا الكبيرة تسمى القنابل البركانية.

ومعظم الماجما لا يصل أبدًا إلى سطح الأرض. فهناك مقادير هائلة من الماجما التى بردت وتصلبت تحت سطح الأرض، أسفل السلاسل الجبلية غالبًا، وتسمى بالصخور العرقية. وهناك أجسام أصغر من الماجما، غالبًا ما تتقوس مكونة تراكيب القباب التى تغطى الصخور التحتية. وصفائح الماجما التى تتداخل فى طبقات موازية لطبقات الصخور الموجودة بالفعل تسمى بالجدد. أما صفائح الماجما التى تتقاطع مع طبقات الصخور فإنها تسمى حواجز.

البراكين النشطة والبراكين الخامدة

البراكين النشطة هى تلك التى ثارت فى التاريخ الحديث. من بين نحو خمسمائة بركان نشط حول العالم، هناك فقط ما يقرب من 20 إلى 30 بركانًا قد تثور فى أى وقت من الأوقات، على الرغم من أن قلة منها، مثل براكين هاواى تكاد تكون فى حالة ثورة دائمة. وإن كانت هذه الثورات لا تدوم طويلاً فى معظم البراكين. وفى الفترات ما بين الثورانات، توصف البراكين بأنها خامدة. وفترات السكون هذه قد تمتد لآلاف من السنوات. والبراكين التى لم تثر فى التاريخ الحديث والتى لا يحتمل أن تثور فى المستقبل توصف بأنها براكين خامدة.

لقد ظل بركان جبل سانت هيلين فى واشنطن ساكنًا لمدة 123 عامًا قبل ثورانه الشهير فى 18 مايو 1980. لقد أطاح ثوران البركان بالجوانب الشمالية للجبل مما أدى إلى حدوث انهيار مضىء من الغبار

والصخور البركانية الساخنة بلغ عمقه 19 كيلومترًا وعرضه ثمانية كيلومترات. وبعد ثورة البركان تدفق نهر من الأوحال - التى تكونت من الصخور المتفتتة والثلج المنصهر والجليد و الماء- وانساب من أعلى الجبل. وأشارت تقديرات الجيولوجيين إلى أن الأوحال المتدفقة قد سببت خسائر فى الممتلكات وقتلت أعدادًا من الناس أكثر مما سببه أى نشاط بركانى آخر فى الأزمنة الحديثة.

وغالبًا ما تصنف البراكين تبعًا للطريقة التى تثور بها. فبعض البراكين يثور كالانفجار وبعضها الآخر يثور بأن يطلق كميات هائلة من الحمم السائلة ولكن من دون انفجارات كبيرة. وهذه البراكين توصف بأنها براكين هادئة. لكن براكين أخرى تكون متوسطة فى نوعها (ولكن توجد أيضًا براكين تقع فى الوسط بين النوعين السابقيْن).

بركان مركب

مخروط الرماد

بركان درعى

بركان صدعى

البراكين المتفجرة

تنفجر البراكين عندما تُحتجز الغازات الساخنة داخل الماجما الكثيفة الغليظة القوام. تتمدد الغازات وتمزق الماجما، دافعة بالشظايا إلى الهواء. والبراكين المتفجرة عادة ما تكوّن جبالاً ذات جوانب منحدرة ومخروطية الشكل. تسقط الشظايا الأثقل والأكبر حجمًا بالقرب من فوهة البركان، وتتراكم فى كومة عالية، بينما تُلقى القطع الأصغر إلى مسافة أبعد. وبإمكان الانفجارات العنيفة أن تدمر جزءًا كبيرًا من الجبل البركانى. وقد حدث أكبر انفجار بركانى على جزيرة ثيرا اليونانية (التى كانت تعرف فى السابق باسم سانتورينى) فى بحر إيجة. حدث ذلك الانفجار سنة 1470 قبل الميلاد تقريبًا وسبّب انهيار معظم الجزيرة الأصلية وأزال ما يقدر بنحو 62.5 كيلومتر مكعب من الصخور. وبعد الانفجار تكونت فوهة فى قاع البحر غطت مساحة قدرها 80 كيلومترًا مربعًا. وربما كان هذا الانفجار الكبير هو الذى أدى إلى نشوء أسطورة قارة أنطلاطيس المفقودة.

وأقوى الانفجارات البركانية فى العصر الحديث حدث عام 1883 على جزيرة كراكاتوا الإندونيسية، الواقعة بين سومطرة وجاوا. لقد سُمع الانفجار من على بُعد حوالى 4700 كيلومتر. لقد كانت جزيرة كراكاتوا غير مأهولة، لكن الانفجار تسبب فى موجات مدٍّ بحرى عاتية (تسونامى) ضربت سواحل جاوا وسومطرة، فأغرقت أكثر من 36 ألفًا من السكان. وانتشرت على البحار المجاورة قطع كبيرة طافية من اللافا المتجمدة. وقدر العلماء أن انفجار كراكاتوا كانت له قوة 26 قنبلة ذرية، مع أن قوته لم تزد عن خُمس قوة انفجار جزيرة ثيرا اليونانية.

ومن الأنواع غير المعتادة من الثوران الانفجارى ما يكوّن ما يُعرف بالسحابة. ومن الأمثلة الشهيرة على ذلك ما حدث فى جزر المارتينيك، حيث بدأ بركان جبل بيلى فى الثوران فى أبريل سنة 1902. لقد انتشر الرماد البركانى فوق مساحات كبيرة وأدت الغازات السامة إلى قتل كثير من الحيوانات فى مدينة سان بيير القريبة. غير أن القوة الكاملة للبركان لم يُحسّ بها إلا فى الثامن من مايو، عندما تصاعدت من فوهة البركان سحابة داكنة من الرماد

◀ توجد أنماط عديدة ومختلفة من البراكين، فهى تتراوح ما بين مخاريط الرماد الطويلة ذات الجوانب الشديدة الانحدار إلى الثورانات الصدعية التى لا تكون هضابًا لكنها تطلق لافا سائلة يمكنها أن تغطى مساحة عريضة.



▶ اللافا التى تكون شديدة السيولة يمكنها أن تنساب لمسافات قد تصل إلى أميال عديدة قبل أن تبدأ فى البرودة والتصلب. أما اللافا الأشد كثافة فتحتوى على قدر أكبر من الغازات، وعادةً ما تقذف فى الهواء كشظايا، تتصلب وتسقط على هيئة رماد أو زجاج بركانى.

والغازات الساخنة وبدأت تنزلق على جوانب الجبل. لقد أدى ذلك إلى دمار مدينة سان بيير ومصرع نحو ثلاثين ألف شخص.

البراكين الهادئة

الحمم البركانية (اللافا) التى تنسكب خارجة من البراكين الهادئة عادة ما تنساب متدفقة، ولا تحتوى إلا على قدر قليل من الغازات. ونتيجة لذلك لا تحدث ثورانات متفجرة. غير أن زائرى هاواى بمقدورهم أن يشهدوا على أن البراكين الهادئة يمكن أن تقدم عرضًا عظيمًا؛ حيث تنطلق نافورات من اللافا المتوهجة بارتفاع يصل إلى 488 مترًا فى الهواء. وغالبًا ما تتكون فوهات بركانية جانبية، تسمى أيضًا المخاريط البركانية التابعة، وذلك عندما تجد الماجما مخارج جديدة عبر جوانب البركان. إن أحد البراكين الهادئة، وهو بركان جبل إتنا فى جزيرة صقلية، له نحو مائتين من هذه المخاريط التابعة.

تعتمد سرعة تدفق الحمم البركانية (اللافا) على درجة سيولتها. وأحد أنواع اللافا الشائعة فى هاواى يُسمى «باهو إيهو». هذه اللافا ذات درجة سيولة عالية جدًا ويمكنها أن تسافر إلى مسافات كبيرة بسرعة تصل إلى 20 كيلومترًا فى الساعة حتى إنها تصل أحيانًا إلى البحر. وعندما يتصلب «الباهو إيهو» فإنه غالبًا ما يشبه جبلاً من الساتان المغطى بجلد مستمر. وهناك نوع آخر من اللافا، له أيضًا اسم من هاواى (هو «آه آه»). الـ «آه آه» يتصلب فى صورة كتل غير متساوية ذات سطوح خشنة مسننة.

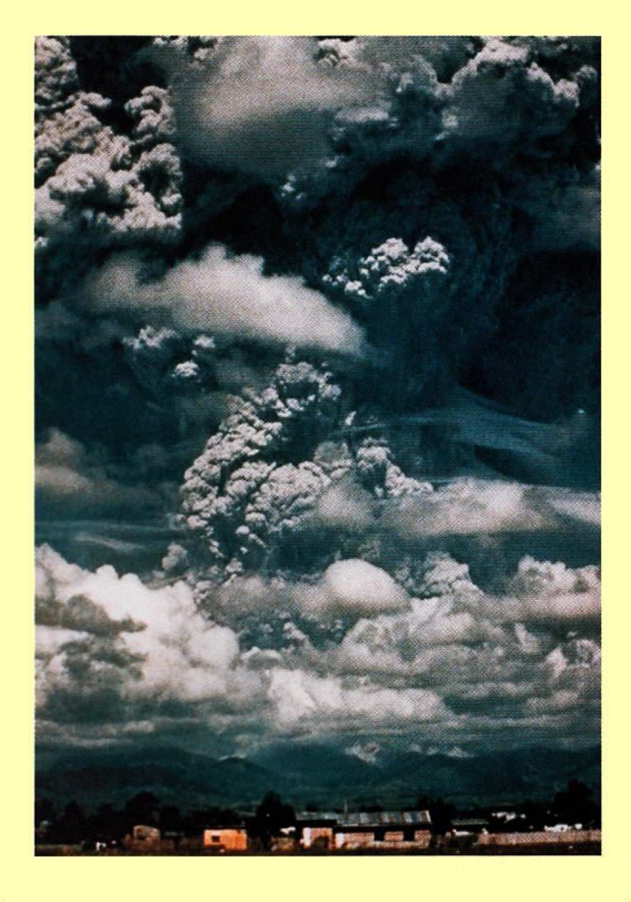
ولأن البراكين الهادئة تطلق حممًا (لابة) متدفقة، فإن أشكالها تكون عادة مفلطحة. وغالبًا ما يسميها الجيولوجيون البراكين الدرعية. وتتراوح الميول الخفيفة لهذه البراكين ما بين درجتيْن إلى عشر درجات. إن أكبر براكين العالم، وهو بركان ماونالوا فى هاواى، ينتمى إلى هذه الفئة من البراكين.

البراكين المتوسطة

معظم البراكين ينتمى إلى البراكين المتوسطة، ومن ثم فإنها قد تثور منفجرة، على الرغم من أن معظم ثوراناتها تصاحبها تدفقات الحمم (اللافا).

هل تعلم؟

الرماد البركانى يتكون من حبيبات دقيقة (رذاذ) يقل قطرها عن 0.5 سم. والنباتات والحيوانات التى تندفن تحت رماد البركان المتساقط تتحول عادةً إلى حفريات محفوظة جيدًا.



إن بركان «مدينة فولكانو» الواقع فى جزر ايوليان الإيطالية، والذى منه اشتقت كلمة بركان (Volcano)، هو أحد البراكين المتوسطة. كما أن بركان فيزوف، الواقع فى شماله، هو أيضًا بركان متوسط آخر. لقد ظلت تدفقات الحمم تتدفق خلال معظم ثوراناته منذ الانفجار العظيم سنة 79 ميلادية، بما فى ذلك آخر ثوران له سنة 1944 عندما دفنت الحمم مدينة سان سيباستيانو. ومعظم البراكين الوسيطة هى براكين مركبة ففى هذا النمط من البراكين تتبادل طبقات من الرماد والشظايا المفتتة مع طبقات من الحمم.

لماذا تحدث البراكين؟

أستراليا، هى الوحيدة بين الكتل الأرضية الرئيسية على كوكبنا، التى ليس بها براكين. غير أن توزيع البراكين فى العالم غير منتظم. فمعظمها يقع بالقرب من / أو على حواف الصفائح التى تنقسم عندها قشرة الأرض. فعلى طول المرتفعات المحيطية (وهى سلاسل من الجبال الواقعة فى قيعان المحيطات كونتها الصفائح التكتونية)، حيث تتحرك هذه الصفائح مبتعدة عن بعضها البعض، تندفع الماجما لأعلى لكى تملأ الفجوات وتكون صخورًا جديدة لقشرة الأرض. والماجما قد تتكون بفعل مصدر حرارى نشط إشعاعيًا أسفل القشرة. والبراكين تحت- المائية عند هذه الحواف تطلق ماجما تبرد بسرعة لكى تكوّن لافا وسادية، وهى مغطاة بطبقة زجاجية ثقيلة. تتراكم ثورانات اللافا تحت الماء لكى تكوّن جبالاً بركانية تحت البحر. وقد ترتفع بعض هذه الجبال فوق سطح البحر وتصبح جزرًا جديدة. ومن أمثلة ذلك جزيرة سورتزى، وهى جزيرة بركانية ظهرت أمام سواحل أيسلندة سنة 1963.



وهناك براكين أخرى تقع بالقرب مما يعرف بمناطق التراكب، ويتضح ذلك فى مناطق تداخل الصفائح التكتونية، حيث تدفع حافة إحدى الصفائح أسفل صفيحة أخرى. ومع هبوط الصفيحة، تنصهر أجزاء منها مع أجزاء من القشرة القارية التى تحتها، فتتكون الماجما نتيجة هذا الانصهار. يصعد جزء من هذه الماجما عبر شقوق القشرة الأرضية ويبلغ الأرض فتظهر براكين مثل بركان جبل سانت هيلين. وتقع براكين إندونيسيا أيضًا بالقرب من مناطق التراكب.

وقليل من البراكين يقع بعيدًا عن المرتفعات المحيطية ومناطق التراكب. تتغذى هذه البراكين بالماجما التى ربما تتكون بفعل «بؤر ساخنة معزولة» نشطة إشعاعيًا معزولة. وعندما تتحرك إحدى الصفائح فوق هذه البؤرة -أو البقعة- الساخنة، تخترقها الماجما من وقت إلى آخر وتكوّن البراكين. وفى النهاية تتحرك إحدى الجزر، التى تكونت بفعل واحد من هذه البراكين، فوق البقعة الساخنة، فيصير البركان خامدًا. بهذه الطريقة تتكون سلسلة من الجزر البركانية، لكن البراكين النشطة توجد فقط على آخر جزيرة فى السلسلة.

التنبؤ بثوران البراكين

الثورانات غير المتوقعة قد تسبب أضرارًا كبيرة. لذلك عكف العلماء على دراسة طرق التنبؤ بثوران البراكين. وقد أقيمت محطات رصد وملاحظة حول العديد من البراكين النشطة فى المناطق المأهولة بالسكان. وفى هذه المحطات يقوم العلماء بمراقبة دقيقة للتغيرات التى قد تحدث فى درجة الحرارة والضغط داخل البركان، كما يقومون بمراقبة الهزات الأرضية الخفيفة.
وتستخدم أجهزة تسمى مقياس الميول لتسجيل التغيرات فى زوايا الميل المتسببة عن الماجما الصاعدة. والخواص الكهربية والمغنطيسية للصخور تتأثر أيضًا بالحرارة، وتعتبر التغيرات فى هذه الخواص دلائل أخرى على النشاط البركانى. ومن العوامل الأخرى التى يراقبها العلماء أيضًا تركيب ودرجة حرارة الغازات المنبعثة من المنافذ (ثقوب بركانية صغيرة). وعلى الرغم من كل هذه البحوث، لا يزال التنبؤ بمواعيد الثورانات البركانية ودرجة شدتها ليس دقيقًا تمامًا.

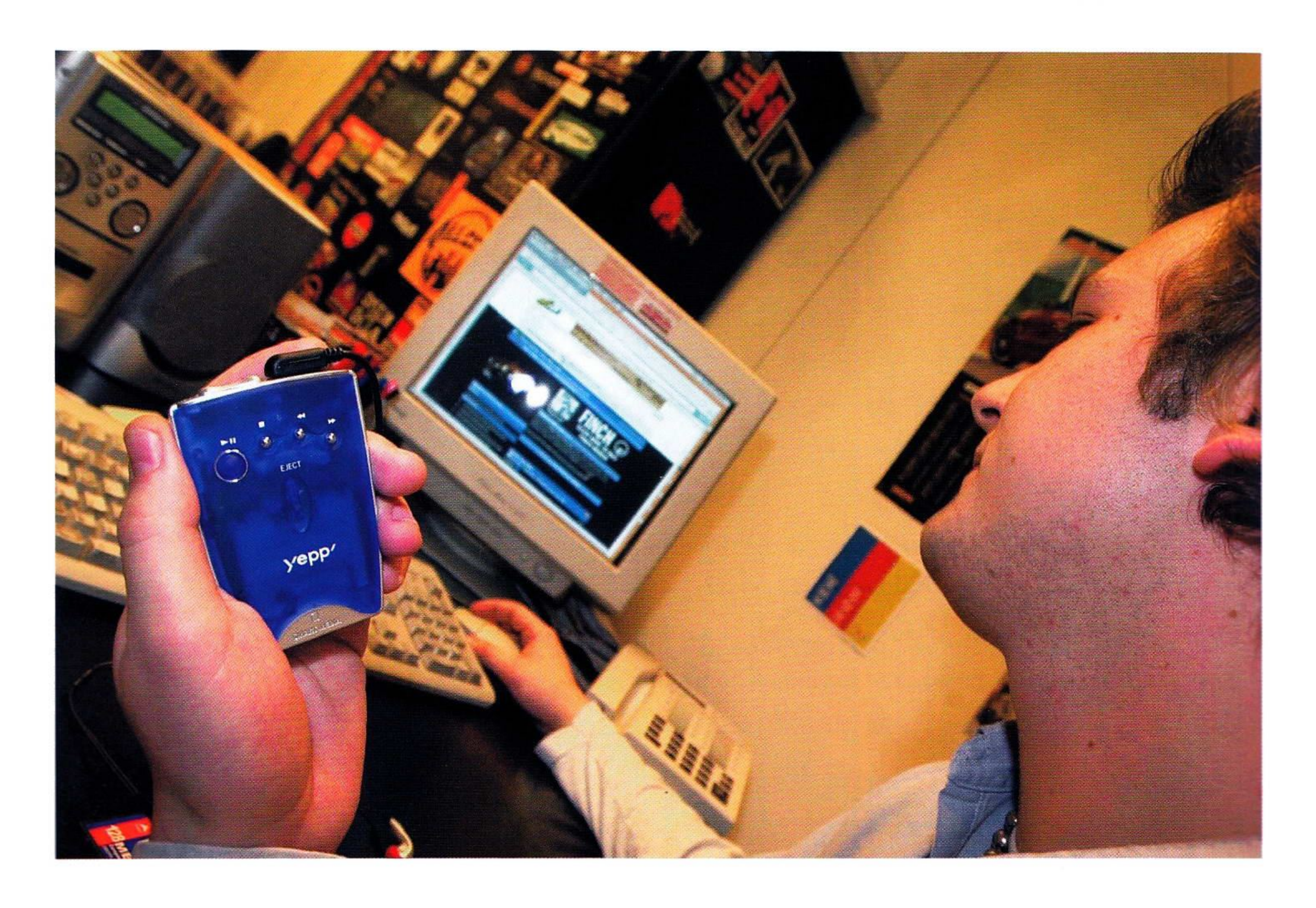
◄ العلماء الذين يرصدون البراكين النشطة يضطرون أحيانًا إلى الاقتراب كثيرًا من تدفقات اللافا لجمع العينات. إنهم فى هذه الحالة يرتدون بذلات واقية تعكس الحرارة المنبعثة من اللافا بعيدًا عن أجسامهم.

البرمجيات الصوتية الرقمية

يمكن تخزين الموسيقى على الكمبيوتر كملفات صوت رقمية. وأشهر ملفات الصوت المستخدمة اليوم هى ملفات «ام بى ثرى» (MP3)، لكن هناك أنواعًا أخرى عديدة. وتُشترى الأقراص المدمجة (السى دى)، وغيرها من الوسائط التى تُسجل عليها الموسيقى من المحلات، أما ملفات الصوت الرقمية فيمكن نقلها بين الكمبيوترات عن طريق الإنترنت. ويمكن أيضًا «تحميل» هذه الملفات على أجهزة تشغيل شخصية أصغر، يمكن استخدامها والاستماع إلى الموسيقى عن طريقها فى أى مكان.

يمكن حفظ الموسيقى والأصوات الأخرى كملفات صوتية، بالطريقة ذاتها التى يتم بها حفظ النصوص والصور على ذاكرة الكمبيوتر. وقد استُخدمت الكمبيوترات لحفظ الأصوات وتشغيلها منذ أكثر من عشرين عامًا. ولكن، حتى وقت قريب، لم تكن الأصوات المحفوظة على شكل ملفات صوتية عالية الجودة. وكان الناس يفضلون الاستماع إلى أغانيهم المفضلة على الأقراص المدمجة (سى دى)، أو الأقراص الصغيرة. وفى السنوات الأخيرة، أصبح من الممكن حفظ أصوات عالية الجودة على شكل ملفات صوتية رقمية. وهذه الملفات متوفرة بأساليب متعددة، ربما أشهرها الأسلوب المُسمَى «إم بى ثرى». وملفات الإم بى ثرى، وغيرها من الملفات المماثلة، تعطى موسيقى فى جودة موسيقى الأقراص المدمجة تقريبًا. ولكنها تحتل أقل من عُشْر المساحة على ذاكرة الكمبيوتر، فيصبح من الأسهل تخزين الملفات وإرسالها عبر الإنترنت.

▼ **هذا الرجل يقوم بتحميل ملفات موسيقى من الإنترنت على جهاز محمول لتشغيل الصوت من نوع إم بى ثرى.**



الشفرة الرقمية

كل ملفات الكمبيوتر، بما فيها الملفات الصوتية، هى ملفات رقمية (ديجيتال). يتم تشفير الملفات كقائمة طويلة من رقمين فقط هما رقم 1 ورقم صفر. ويقوم معالج الكمبيوتر بفك تشفير هذه القائمة لاستعادة أى شىء تم حفظه. ويستخدم الكمبيوتر الواحدات والأصفار فى ملف الصوت كما لو كانت مفاتيح «فتح» أو «غلق» للتحكم فى دوائره الكهربائية الكثيرة وإعادة إنتاج الصوت. وفى العالم الحقيقى، لا تنتج الأصوات عن طريق رموز أو شفرات رقمية. فالأشياء فى الواقع، ومنها الأصوات، تناظرية (أنالوج، أو غير رقمية). وهى تنشأ نتيجة زيادة أو نقص شىء وليس مجرد فتح أو إغلاق دائرة كهربية.

وعلى سبيل المثال، يتكون الصوت من سلسلة من الذبذبات الهوائية. وتحدث هذه الذبذبات داخل الحلق والفم، ثم تلتقطها الأذن. والضوضاء المرتفعة تحدث نتيجة ذبذبات هوائية أكبر. أما الذبذبات الصغيرة فتنتج ضوضاء أقل. والذبذبات الكثيرة المتعاقبة بسرعة تنتج ضوضاء من طبقة أعلى. أما الذبذبات التى تحدث بتردد أقل، فتصنع أصواتًا عميقة. ولهذا فإن صوت الإنسان له إشارة تناظرية تحدث نتيجة ذبذبات مختلفة فى شدتها وتردداتها.



▲ **يعتبر الجهاز المحمول لتشغيل صوت إم بى ثرى، مثل هذا النوع فى الصورة، من الوسائل الشائعة للاستماع إلى الموسيقى. إن تخزين الموسيقى على شرائح صغيرة جدًا، يجعل أجهزة تشغيل الـ إم بى ثرى أصغر كثيرًا من الأجهزة المحمولة الأخرى لتشغيل الموسيقى.**

العيِّنات

فى أى أسلوب من أساليب تسجيل الصوت الإلكترونى، يقوم الميكروفون، أو مجموعة الميكروفونات، بتحويل موجة الصوت إلى إشارة إلكترونية، أى إلى وحدة كهربية (فولت) فى دائرة كهربية تتغير بسرعة مع الوقت. وفى التسجيل الرقمى، تأخذ الدائرة الكهربائية عينات لهذه الوحدة الكهربية (الفولت) القادمة من الميكروفون عدة آلاف من المرات وتسجل المجموعة الناتجة من الوحدات بالأسلوب الرقمى، كمصفوفة من الواحدات والأصفار. وعندما يتم تشغيل الصوت، تحدث عملية عكسية، تقوم دائرة كهربائية بتحويل مصفوفة الأرقام إلى فولتية متغيرة الزمن يمكن تشغيلها من خلال مُكَبِّر للصوت. والدائرة الكهربية مصممة بحيث تتجاهل أى خطأ غير مقصود فى الأرقام، ومن ثم تأتى النسخة المسموعة خالية تقريبًا من «التشويش».

وقد أجريت أول عملية لأخذ العينات الصوتية الرقمية لتسجيل الصوت على الأقراص المدمجة منذ أكثر من عشرين عامًا. وتأخذ أغنية مدتها ثلاث دقائق مساحة تصل إلى 32 ميجابايت (MB) على القرص المدمج. وتكفى مساحة هذا القرص لعشرين من تلك الملفات الصوتية، بينما يمكن أن يتسع الكمبيوتر الشخصى العادى لمئات من تلك الملفات.

هل تعلم؟

جاء اسم "إم بى ثرى" من أسماء مجموعة الأشخاص الذين صمموا هذا النظام. وهم مجموعة من علماء الكمبيوتر، اتخذوا اسم "مجموعة خبراء الصور المتحركة"، (ويختصر الاسم إلى MPEG). ومن منجزاتهم الأسلوب الذى يُسمى: "الملف السمعى المنسق على نظام MPEG، الشريحة 3"، والذى تم اختصاره إلى إم بى ثرى (MP3). وهذه المجموعة استطاعت أيضًا أن تضع الأفلام على أسطوانات الدى فى دى وأن تنقل صورة تليفزيونية عالية الوضوح.

ضغط الملفات

تقوم ملفات الصوت من نوع إم بى ثرى، والأنواع الأخرى، مثل (الويف)، بضغط معلومات العينات لتحتل مساحة أقل على القرص الصلب للكمبيوتر (الهارد ديسك). يتيح تخزين مئات الأغانى المختلفة. كما أنه من الأسهل نقل الملفات الصغيرة من كمبيوتر إلى آخر، أو من الكمبيوتر إلى جهاز تشغيل شخصى صغير. وأجهزة تشغيل الصوت الشخصية مصممة لتشغيل الموسيقى المحفوظة كملفات صوتية. وهى أصغر وأخف كثيرًا من الكمبيوتر، ويمكن استخدامها للاستماع إلى الموسيقى فى أى مكان.

ويتم ضغط الملفات باستخدام عمليات حسابية معقدة تُسمى اللوغاريتمات، التى تؤدى هذا الدور بطرق عديدة للمحافظة على كمية المعلومات مخزونة فى أقل حيز ممكن. وإحدى وسائل الضغط تكون بحذف أجزاء الأغنية التى تتكرر. مثلاً إذا كان شخص يغنى عشر نغمات من السلم الموسيقى صعودًا ثم نزولاً خمس مرات، فالمجموع خمسون نغمة. لكنها تكرار للنغمات العشر خمس مرات. وبدلاً من وضع الخمسين نغمة كلها، يقوم الملف المضغوط بحفظ النغمات العشر، ثم يحفظ النظام فى أى ترتيب يتعين فيه تكرارها. وهذا النظام يتطلب عددًا أقل كثيرًا من رموز الشفرة. ولا يتوقف استخدام هذه الطريقة على نظام إم بى ثرى، أو غير ذلك من الملفات الصوتية الرقمية. لكن ملفات الـ إم بى ثرى يمكن عملها أيضًا باستخدام نوع فريد من الضغط يسمى «صياغة الأصوات المُدرَكة»، الذى يعمل على أساس طريقة أذن الإنسان التى تدرك بعض الأصوات أفضل من البعض الآخر. فمثلاً، عندما تعزف آلتان موسيقيتان فى الوقت ذاته، عادة ما تطغى إحداهما على الأخرى. وهذا ما يوضع فى الاعتبار عند إنتاج ملف إم بى ثرى. فلا يُحفَظ إلا الصوت الذى تستطيع الأذن البشرية أن تدركه، أما الأصوات غير المسموعة فيتم حذفها من الشفرة.



▲ جهاز الجيب لتشغيل الموسيقى (I pod) من نوع آبل Apple، يحتوى على جهاز صلب مدمج يمكن أن يختزن آلافًا من الألحان على شكل ملفات إم بى ثرى.

ثورة الموسيقى

بدأت ملفات الصوت الرقمية فى تغيير طريقة الاستماع إلى الموسيقى، أو طريقة شرائها. وقبل أن يصبح من السهل تخزين أصوات عالية الجودة على الكمبيوتر بفضل أسلوب إم بى ثرى، كان الناس يشترون الموسيقى مسجلة على شرائط أو



◄ تستخدم برمجيات الصوت الخاصة، كبرنامج آبل iTunes، لتحميل ملفات الموسيقى الرقمية على الكمبيوتر وتنظيمها وتشغيلها.

على سى دى. كانت بعض النقود التى يدفعها المشترى تذهب إلى الفنانين الذين قاموا بتأليف الأغانى وأدائها. وعلى الرغم من أنه من الممكن عمل نسخ من الموسيقى المشتراة من المحلات وحفظها على شرائط أو سى دى، فإن بيع هذه النسخ المأخوذة بطريق «القرصنة»، أو حتى إعطاءها لآخرين من دون مقابل، يُعدّ مخالفة قانونية. والقانون الذى يمنع ذلك يحمى حقوق المؤلفين والفنانين.

لكن ملفات الـ «إم بى ثرى» غيرت ذلك تغييرًا لا رجعة فيه. كثير من الناس الآن ينقلون الموسيقى التى اشتروها على أجهزة تشغيل إم بى ثرى؛ لكى يستطيعوا الاستماع إليها وهم خارج المنزل. وهذه الأجهزة تعمل بإحدى طريقتين. بعضها تحفظ الموسيقى على شرائح صغيرة جدًّا microchips. ومن ذلك «الذاكرة الوميضة» (فلاش ميمورى)، والـ «كومباكت فلاش»، و«بطاقات الميديا الذكية»، و«عصا الذاكرة». وهذه الأنواع «ذاتية الذاكرة» هى طريقة شديدة الكفاءة لتخزين المعلومات، والأجهزة التى تستخدم هذه التكنولوجيا صغيرة جدًّا. ولأن هذه الطريقة لا تشمل أجزاء قابلة للتحريك، فإن أجهزة إم بى ثرى ذاتية الذاكرة يمكن الاعتماد عليها ولا يتأثر انسياب الموسيقى إذا تعرض الجهاز للارتجاج أو الاهتزاز.

ولكن الذاكرة الذاتية مرتفعة التكلفة لحفظ ملفات كثيرة. وللتخزين على حيز اكبر، هناك أجهزة أكبر قليلاً تحتوى على قرص صلب. وتلك تقوم بتخزين المعلومات كنماذج ممغنطة على قرص دوّار، وهى أنواع شبيهة بالقرص الصلب الموجود داخل الكمبيوتر، وإن كانت أصغر حجمًا.



▲ بمبلغ زهيد، من الممكن الآن التوصيل بمحطة الموسيقى فى أحد محلات التسجيل. وبعد اختيار موسيقاه المفضلة، سوف يقوم هذا الرجل بتحميل ملف من الموسيقى الديجيتال على جهاز تشغيل موسيقى إم بى ثرى.

تبادل الموسيقى

ونقل الموسيقى المشتراة من المحلات إلى أجهزة إم بى ثرى أو الكمبيوترات ليست ضد القانون، مادامت للاستخدام الشخصى. ولكن عمل ملفات رقمية من السى دى وتوزيع هذه الموسيقى المنسوخة غير قانونى. ونقل الموسيقى إلى سى دى أو شريط يمكن أن يأخذ وقتًا طويلاً، أما ملفات إم بى ثرى فيمكن نقلها فى ثوانٍ وإرسالها حول العالم إلى مئات الناس فى دقائق عن طريق البريد الإلكترونى.

وفى أواخر القرن العشرين، ظهرت على الإنترنت مواقع لتبادل الموسيقى. وهذه المواقع سمحت للناس بتحميل ملفات إم بى ثرى للأغنيات، وهذه الملفات صنعها أناس لا يعرفهم الناقل ولم يلتق بهم فى حياته. وسرعان ما أصبح ملايين الناس يتلقون الموسيقى بهذه الطريقة، لكنهم لا يدفعون للفنان الذى صنع الموسيقى ويمتلك حقها. وقد أجبرت شركات الموسيقى كثيرًا من هذه المواقع على الإغلاق، أو هى الآن تأخذ من الناس ثمن تلقى الموسيقى وإنزالها. وكما فى محلات بيع الموسيقى، يذهب بعض مكسب الموسيقى المبيعة إلى الفنان الذى صنعها.

هل تعلم؟

فى المستقبل القريب، سيتمكن الناس من شراء موسيقاهم المفضلة كملفات صوتية. ولن يضطروا للذهاب إلى محلات لهذا الغرض. بل يمكنهم الذهاب إلى أقرب آلة لبيع الموسيقى. هذه الآلة التى تشبه ماكينات سحب النقود البنكية، سيكون بإمكانها نقل ملفات ام بى ثرى أو أنواع أخرى من الملفات الصوتية إلى جهاز رقمى لتشغيل الموسيقى. وسوف يكون ثمن الأغنية متوقفًا على مدى شهرتها وانتشارها والمدة التى يريد المشترى أن يحتفظ بها على جهازه.

البكتريا

البكتريا موجودة حولنا فى كل مكان، فى الهواء الذى نتنفسه، وفى الغذاء الذى نأكله، وفى الماء الذى نشربه. وكثير من هذه الكائنات الدقيقة الوحيدة الخلية يستطيع الحياة فى بيئات بالغة القسوة على الأرض. لقد عُثِرَ على البكتريا فى أعماق المحيطات، كما عُثر عليها فى ارتفاعات عالية من الغلاف الجوى. وداخل جسم الإنسان توجد البلايين من البكتريا. وبعض البكتريا ضار ويسبب الأمراض، وبعضها الآخر نافع لا غنى عنه لصحة كل الكائنات الحية.

كثير من الناس سرعان ما يلومون البكتريا لما تحدثه من أضرار وما تسببه من أمراض معدية. لكن بعض أنواع البكتريا فقط تسبب الأمراض. فمعظم البكتريا نافع، أو على الأقل ليس ضارًا للناس. بعض البكتريا مسئول عن تحليل المواد النباتية والحيوانية الميتة. وبعضها يحول نيتروجين الهواء الجوى إلى جزيئات عضوية (أزوت) تحافظ على خصوبة التربة. والعلماء الذين يعرفون بالبكتريولوجيين يدرسون البكتريا لاكتشاف خواصها (صفاتها) النافعة. وباستخدام الهندسة الوراثية صار العلماء الآن يبحثون عن طرق لتغيير البكتريا حتى تصبح أكثر نفعًا للناس.

عندما تعمل البكتريا

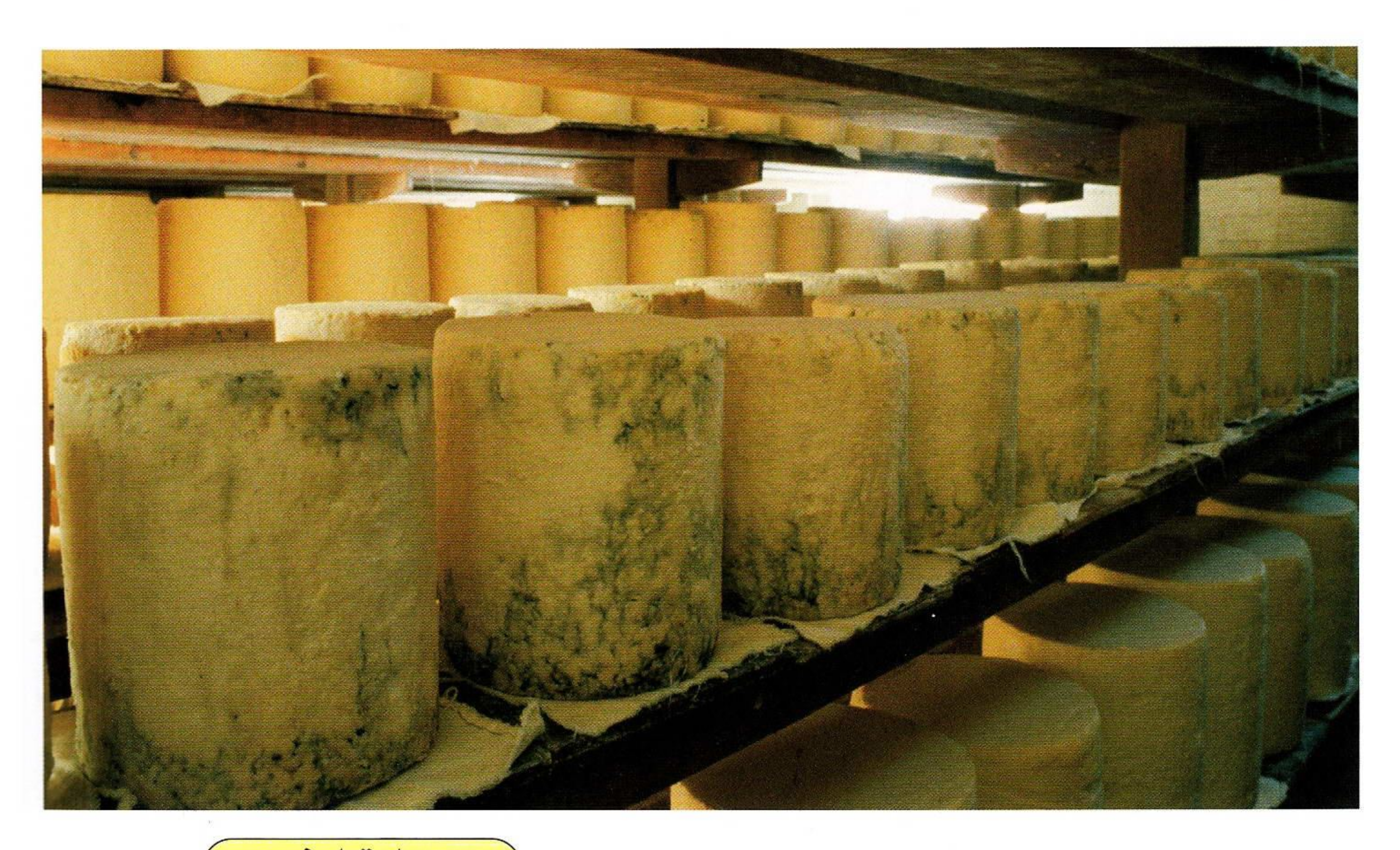
عندما يموت نبات أو حيوان، تقوم البكتريا بتحليل المادة الميتة إلى مواد كيماوية بسيطة يمكن استخدامها بواسطة الكائنات الحية الأخرى. وهذه العملية تعرف بالتحلل أو التعفن. وتزداد أهمية هذه العملية فى التربة؛ حيث تقوم البكتريا بصنع النيتروجين (الأزوت) من المواد المتحللة.

وهناك أنواع من البكتريا تأخذ النيتروجين من الهواء وتحوله إلى صورة تستطيع النباتات استخدامها. وهذه العملية تسمى بتثبيت الأزوت (أو تثبيت النيتروجين) فالنباتات الخضراء ينبغى أن تحصل على النيتروجين لتكوين البروتين كى تنمو. والحيوانات تعتمد على النبات، ومعنى ذلك أن الحيوانات تعتمد على البكتريا أيضًا.

ويسعى العلماء الآن إلى التوصل إلى طرق جديدة تجعل البكتريا قادرة على تحليل مواد أخرى غير مرغوب فيها. فبعض البكتريا قادر على مهاجمة الهيدروكربونات الموجودة طبيعيًا، كما هى الحال فى زيت البترول. والبكتريا التى تقوم بهذه العملية على أحسن وجه، يختارها العلماء ويقومون بإكثارها بكميات هائلة. ويمكن بعد ذلك استخدامها للتخلص من بقع البترول التى تتسرب إلى مياه البحر. وقد استخدمت البكتريا فى هذا المجال فى أعقاب التسرب البترولى الهائل الذى حدث فى ألاسكا سنة 1989. كما استخدمت البكتريا أيضًا فى تنظيف مياه الخليج العربى فى أعقاب حرب الخليج سنة 1991.

وهناك أنواع عديدة من البكتريا يمكن استخدامها لتحسين البيئة. فالعلماء يقومون الآن بإجراء أبحاث على خليط من أنواع البكتريا التى يمكنها تحليل المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش. وقد يؤدى ذلك إلى منع هذه الكيماويات من الوصول إلى

◀ خلايا البكتريا إيشيريشيا كولاى تظهر مثل عصى قصيرة تحت الميكروسكوب الضوئى. بعض سلالات هذه البكتريا ليس ضارًا، وهى تعيش فى الجهاز الهضمى للإنسان. لكن هناك سلالات أخرى تفرز سمومًا تسبب أمراضًا للناس.



▲ جبن ستيلتون الأزرق - جبن الركفور- فى مرحلة الإنضاج فى أحد مصانع الجبن فى بريطانيا. العروق الزرقاء المميزة سببها نمو الفطر بنسليوم جلوكوم. وبعد ستة أسابيع من النضج تثقب قوالب الجبن من جانب إلى آخر بواسطة مثقاب من الصلب الذى لا يصدأ؛ مما يسمح للهواء بأن يدخل إلى الجبن ولجراثيم البكتريا أن تنشط.

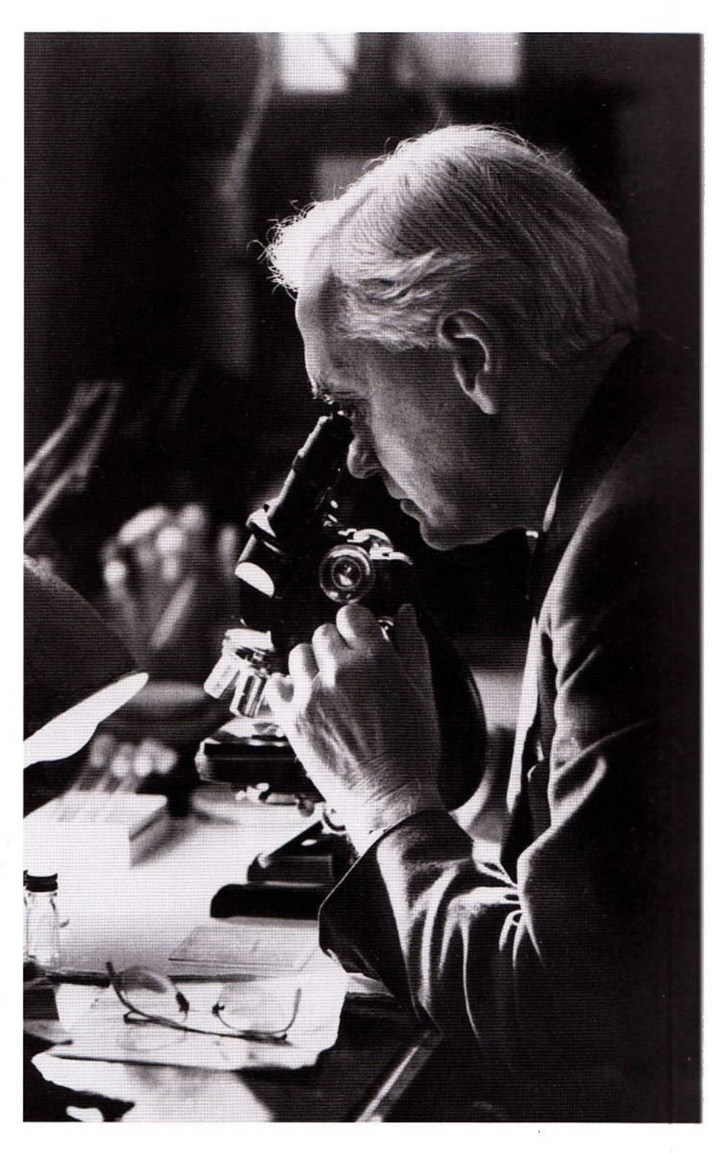
هل تعلم؟

أن البكتريا صغيرة جدًا إلى درجة أنه لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب. إن آلافًا منها قد تكفيها مساحة رأس دبوس.

مصادر مياه الشرب. وهناك أنواع من البكتريا يمكنها إنتاج البوليمرات (وهى جزيئات تتكون من سلاسل طويلة من وحدات صغيرة متكررة) التى يمكن تحويلها إلى بلاستيك أو نيلون. وعندما نتخلص من وعاء مصنوع من هذا البلاستيك، فإن أنواعًا أخرى من البكتريا سوف تقوم بتحليله.

وكما أن البكتريا تستطيع تحليل كثير من المواد الخطيرة، تستطيع البكتريا أيضًا أن تساعد على تكوين مواد نافعة. ففى سنة 1992 أعلن العلماء عن اكتشاف وسيلة لتحويل الفحم إلى بترول باستخدام البكتريا. ولم تكن البكتريا التى استخدموها من النوع النادر جدًا، فقد كان بعضها يعيش فى أمعاء الإنسان. لقد تحول الفحم، فى العصور الجيولوجية القديمة، إلى بترول بفعل درجات الحرارة والضغوط العالية. لكن العملية الجديدة يمكنها أن تحدث على درجات حرارة تقترب من درجة حرارة الجسم البشرى. ويجرى خلط الفحم المسحوق بالإنزيمات المأخوذة من البكتريا وغاز الهيدروجين وذلك فى سائل عضوى مثل البنزين (C_6H_6). ويذوب البترول المُنتج فى البنزين.

وقد حدث اكتشاف مثير سنة 1992. لقد بدأ البحث الشهير المحموم عن الذهب فى تسعينيات القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين عندما وجد بعض الناس شظايا الذهب فى قيعان الأنهار. ويبدو أن الشظايا الذهبية كانت قد أنتجتها البكتريا. لقد درس العلماء آلافًا من حبيبات الذهب التى عُثر عليها فى قيعان الأنهار مستخدمين فى ذلك ماسحًا ميكروسكوبيًا إليكترونيًا مجسمًا؛ وذلك حتى يستطيعوا تكبيرها آلاف المرات. ووجد العلماء أن الذهب غالبًا ما يظهر مترسبًا بالقرب من قنوات تغصّ بالبكتريا. ومن المحتمل أن تكون البكتريا قد قامت بتركيز الذهب الموجود فى التربة. ولا يزال من غير المعروف كيف تقوم البكتريا بهذا العمل بالضبط. فإذا استطاع العلماء معرفة كيف يحدث ذلك، فربما صاروا قادرين على تطوير هذه العملية تجاريًا.



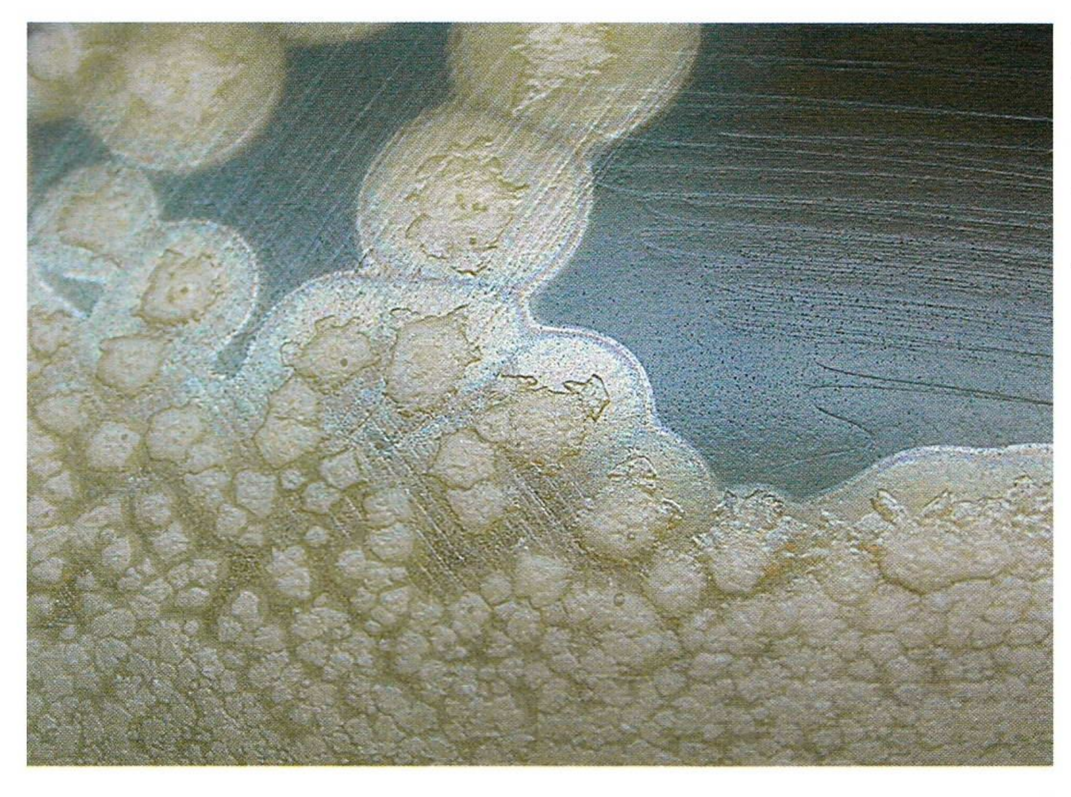
بكتريا ضارة

كثير من البكتريا يسبب أمراضًا للإنسان والحيوانات. فالدفتريا، والالتهاب الرئوى، والسل، والتيفود، والسعال الديكى هى أمثلة لأمراض عديدة تسببها هذه الخلايا الحية الدقيقة. وتسبب البكتريا أيضًا أنواعًا عديدة من تسمم الدم. وتسمى البكتريا الضارة أيضًا «جراثيم» أو «ميكروبات».

غير أن البكتريا تستطيع دخول الجسم بطرق عديدة. ففى أحيان كثيرة تدخل البكتريا الجسم عندما يتناول الناس طعامًا سيء التحضير أو يشربون ماء ملوثًا. عندئذ تنتج البكتريا سمومًا هى المسئولة عن التسمم الغذائى فى حالات كثيرة. كما يمكن للبكتريا أيضًا أن تدخل الجسم من خلال الجروح التى تحدث فى الجلد. فمرض التيتانوس ينتج عن العدوى بنوع من البكتريا اسمه كلوستريديوم تيتانى clostridium tetani. فهذه البكتريا تهاجم الجروح المفتوحة وتنتج مادة سامة تعمل على وقف الأوامر التى تصدرها الأعصاب إلى العضلات. وهناك كثير من الأمراض المنقولة جنسيًا، مثل السيلان والزهرى، تسببها البكتريا أيضًا.

يصف الأطباء الآن المضادات الحيوية لمعالجة أمراض كثيرة. والمضادات الحيوية تمنع نمو البكتريا الضارة. والبنسلين أحد المضادات الحيوية، وقد اكتشفه العالم الأسكتلندى ألكسندر فلمنج (1881-1955). وقد أنقذ البنسلين أرواح ملايين الناس منذ

▲عالم البكتريولوجيا الأسكتلندى ألكسندر فلمنج الذى اشتهر بسبب اكتشافه للبنسلين، وهو مضاد حيوى ينتجه الفطر بنسليوم نوتاتوم. لقد توصل فلمنج إلى هذا الكشف المهم عن طريق الصدفة سنة 1928، عندما لاحظ أن عفنًا أخضر، هو الفطر الذى نعرفه الآن باسم بنسليوم نوتاتوم، قد ثبّط (منع) نمو بعض أنواع البكتريا.

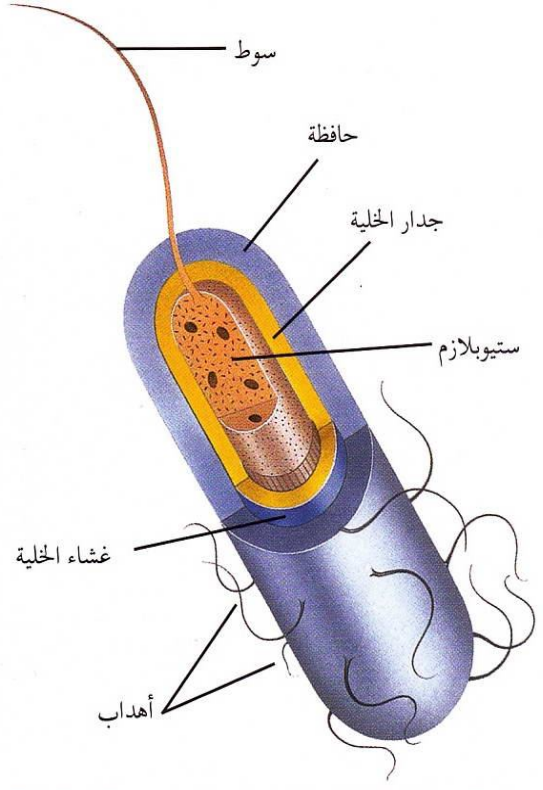


◄ البكتريا المعروفة باسم كلوستريديوم بوتيولينوم، تنتج مادة كيماوية سامة اسمها بوتيولين، وهى مادة قد تسبب مرضًا قاتلاً يُسمى بوتيوليزم وهو أحد أشكال التسمم الغذائى.

اكتشافه. ويقوم الأطباء أيضًا بوقاية الناس من الأمراض المعدية عن طريق التحصين؛ وذلك بحقنهم بأشكال جرى إضعافها من البكتريا الضارة. وهذه البكتريا ليست قوية إلى الدرجة التى تجعلها تسبب المرض، لكنها تجعل أجسامنا تُعدّ دفاعاتها استعدادًا لأى عدوى قادمة.

أنواع مختلفة من البكتريا

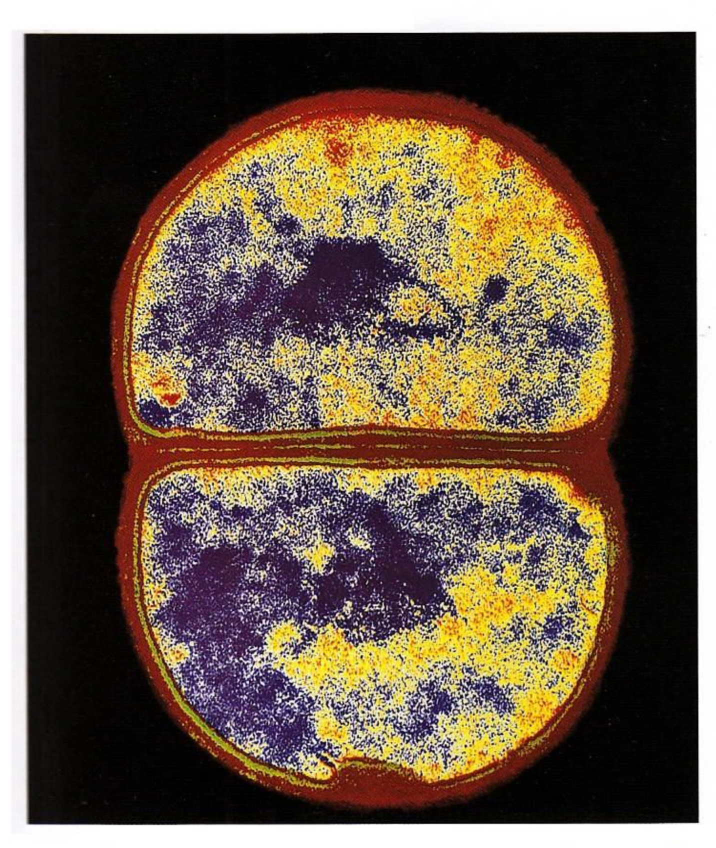
البكتريا كائنات حية وحيدة الخلية، وللخلية جدار خلوى صلب. ومعظم البكتريا ذو شكل يشبه العصى القصيرة وتسمى البكتريا العضوية. وهناك بكتريا أخرى تسمى المغزلية، وهى طويلة وملتوية على نفسها أو لولبية الشكل. كما توجد أنواع أخرى، تعرف بالكروية، وهى تشبه كرات مدورة صغيرة. وأحيانًا تغير البكتريا شكلها، ويتوقف ذلك على المكان الذى تنمو فيه.
والكثير من هذه البكتريا تتحرك بأن تسبح، أو تتلوى كالدودة. ولبعض البكتريا ذيل شبيه بالسوط، flagellum أو أهداب fimbriae تشبه رموش العين، وهذه الزوائد تساعد البكتريا على دفع نفسها فى السوائل التى تعوم فيها.



▲ رسم يوضح تركيب خلية بكترية نموذجية. يوجد السيتوبلازم cytoplasm داخل غشاء خلوى يحيط به جدار الخلية الصلب. ويستخدم بعض البكتريا بروزًا يشبه السوط يسمى السوط Flagellum لكى تتحرك. وقد تكون لها أيضًا بروزات قصيرة تسمى الخيوط أو الأهداب تستخدمها البكتريا فى الالتصاق بالسطوح.

كيف تتكاثر البكتريا؟

تتكاثر البكتريا بالتكاثر اللاجنسى، أو بالانقسام الثنائى. والخلية البكترية التى تنقسم إلى اثنين تسمى الخلية الأم. وهى تنتج خليتَيْن بنتيْن تشبهان أمهما تمام الشبه، كما أنهما هما أيضًا متشابهتان تمامًا.
ومعظم البكتريا يتكاثر بسرعة عالية؛ فهى تنقسم إلى اثنين كل 20 دقيقة فى الظروف المناسبة. فإذا كانت الخلية البكترية الواحدة تنقسم كل 20 دقيقة، فمعنى ذلك أن عددها سيصل خلال ست ساعات فقط إلى نحو نصف مليون بكتريا. والسرعة التى تتكاثر بها البكتريا تفسر السرعة التى تنتشر بها الأمراض البكترية.
وفى بعض الحالات النادرة تستطيع البكتريا أن تتكاثر جنسيًا. فبعض البكتريا يكون مغطى بأنابيب مجوفة تسمى الأنابيب الشعرية pili (ومفردها pilus). وعندما يحدث التكاثر الجنسى فإن إحدى الخلايا البكتيرية تثبت (أنبوبتها الشعيرية) على خلية بكتيرية أخرى وتمرر معلومات وراثية خلالها. والبكتريا التى تتلقى المادة الوراثية تعتبر عندئذ فردًا جديدًا.



▲ صورة مأخوذة بالميكروسكوب الإلكترونى النافذ (الألوان غير حقيقية) تظهر خلية أمية (خلية أم) من البكتريا ستافيلوكوكس أوريوس وهى تنقسم إلى خليتيْن بنتيْن. وتظهر الجدر الخلوية المنقسمة باللون الأحمر، والمادة الوراثية داخل الخليتين الحديثتى التكوين تظهر باللون القرمزى.

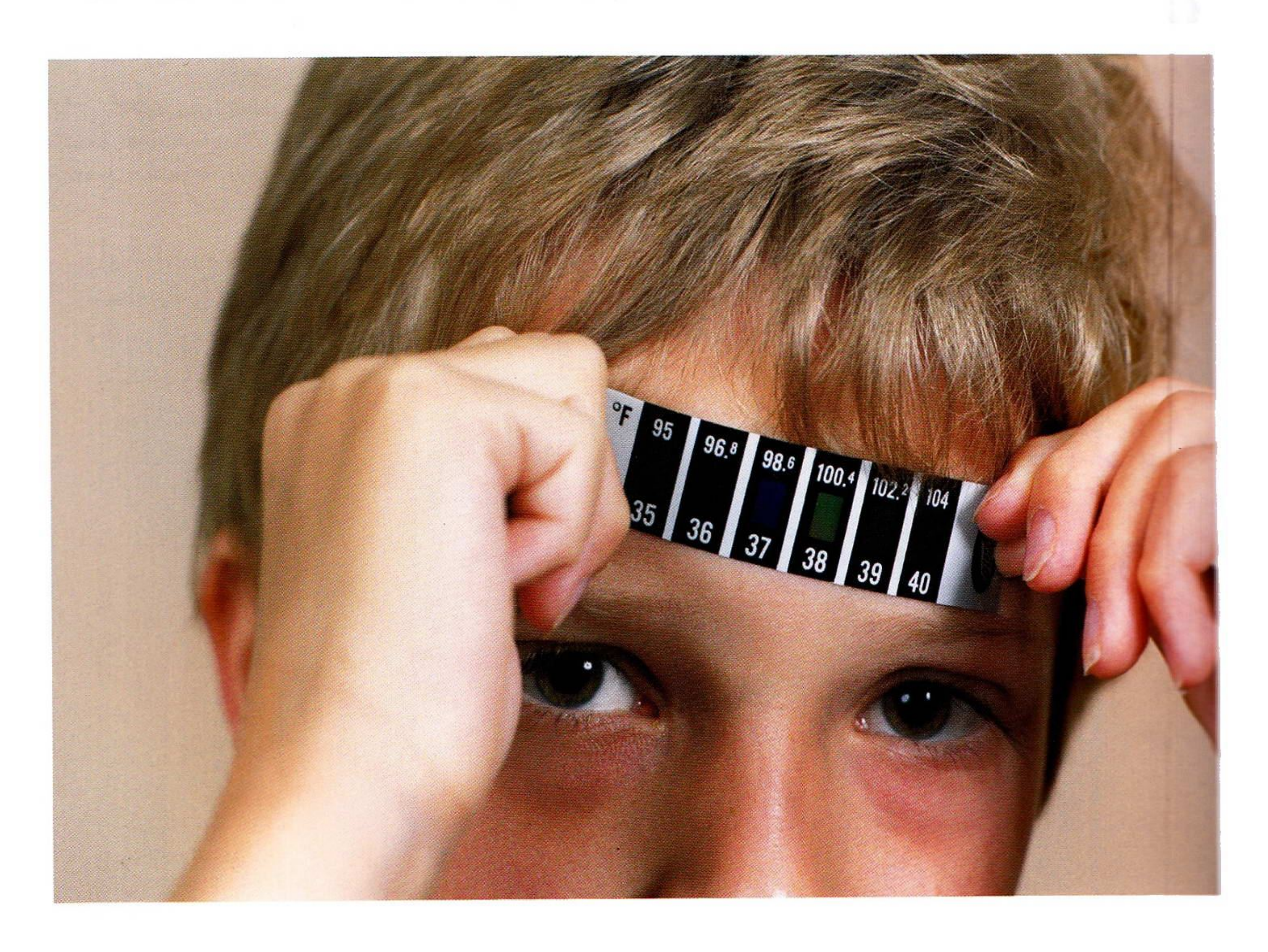
البلُّورات السائلة

البلُّورات السائلة هى مواد مدهشة، فهى ليست سائلة ولا صلبة، وإنما تتنقل بسهولة بين الحالتين. وهذه الخاصية تعنى أنه من الممكن إعادة ترتيبها باستخدام تيارات كهربائية دقيقة؛ من أجل إنتاج شاشات البلُّورات السائلة التى تسمى الـ(سى دى) والتى تستخدم كثيرًا فى بعض الأجهزة، مثل أجهزة الكمبيوتر والتليفزيون.

إن ما يميِّز البلُّورات السائلة هو شكل جزيئاتها المستطيل كإصبع السجق. وفى الحالة السائلة، تكون الجزيئات حرة الحركة فى أى اتجاه. وفى البلورة الصلبة، تثبت الجزيئات فى أماكنها، كما أنها أيضًا تنتظم فى الاتجاه ذاته. وفى حالات معينة، تسمى «الحالة الدودية»؛ إذ يمكن لجزيئات البلورة السائلة أن تتحرك مثل السائل، ولكنها تظل منتظمة فى الاتجاه ذاته مثل البلورة الصلبة.

وبينما يكون انتظام الجزيئات فى البلورات الصلبة ثابتًا، فإن انتظام الجزيئات فى البلورات السائلة يمكن أن يتغير. هذه القدرة على التغيُّر تعطى البلُّورات السائلة خواصها النافعة. فيمكن أن تنتظم الجزيئات فى بلورة سائلة فى اتجاه مختلف بتمرير تيار كهربائى صغير عبر البلورة. وحيث إن انتظام الجزيئات يؤثر فى الطريقة التى تشع بها البلُّورات الضوء، فإن التيار يمكن أن يجعل الجزيئات تبدو مضيئة أو مظلمة، فتبدو وكأنها تظهر أو تختفى.

▼ من الاستخدامات الذكية للبلُّورات السائلة شريط الترمومتر الذى يستخدم لقياس درجة حرارة الجسم. كل خلية فى الشريط بها بلُّورات تتجمع بنظام معين عند درجة حرارة معينة، وتظهر كنطاق ملون.



وقد اكتُشفت البلُّورات السائلة عام 1889، على يد عالم النبات النمساوى فريدريك راينيتسر (1857-1927). وجد راينيتسر أنه عندما يذيب مادة تسمى بنزوات الكولستريل، تتحول إلى سائل غائم، ثم تصفو، وفى النهاية تتحول إلى اللون الأزرق. وظل العلماء لمدة 80 سنة يرون المواد الكيماوية من نوع بنزوات الكولستريل مثيرة للاهتمام، لكنهم لم يستطيعوا أن يجدوا لها استخدامًا معينًا. وفى أواخر سنوات 1960، جاء اختراع أجهزة عرض البلُّورات السائلة ليغير كل هذا.



▲ من الأمثلة المألوفة لشاشات البلُّورات السائلة، ساعات المعصم الرقمية، مثل الموجودة فى الصورة. والشاشات البسيطة لهذه الساعات يمكن أن تعرض الأرقام والحروف كنماذج لخطوط سوداء أفقية ورأسية. وهذا يجعل من الممكن للساعات الرقمية عرض معلومات أكثر مما تعرضه الساعات الميكانيكية.

أجهزة عرض البلورات السائلة

فى شاشة البلورات السائلة النموذجية، يتم تثبيت البلُّورات بين شريحتين من الزجاج، ثم تغلقان جيدًا؛ حتى لا يتسرب السائل خارجهما. ويتم استقطاب الزجاج بطريقة تجعل الضوء لا يستطيع المرور خلاله إلا بطريقة محددة. وأبسط الشاشات البلُّورية سوداء، وتُرى عن طريق انعكاس الضوء عليها. وتضىء شاشات البلُّورات السائلة فى أجهزة الكمبيوتر أو التليفزيون عن طريق صمامات فلورسنت يشع الضوء من خلالها من الخلف ليعطى عرضًا مضيئًا.

هل تعلم؟

رأى الكثيرون شاشات التليفزيون الكبيرة المسطحة التى يمكن تعليقها على الجدار مثل اللوحات والصور. وهذه الشاشات مرتفعة الثمن، ولكن فى المستقبل ربما تكون تليفزيونات الشاشة المسطحة أرخص كثيرًا ورقيقة كالورق - رقيقة جدًّا وصغيرة جدًّا حتى يمكن وضعها فى الجيب. وتعمل تليفزيونات الشاشة المسطحة حاليًّا باستخدام البلُّورات السائلة أو البلازما. وشاشات البلازما تستخدم طبقة من الغاز بين لوحين من الزجاج. ويتم تمرير تيار كهربائى فى الغاز فيتأيَّن (يتحول إلى أيونات)، محولاً الغاز إلى ما يُسمى "البلازما". وينتج عن ذلك توَهُّج لأشعة فوق بنفسجية تثير كيماويات على سطح الزجاج تسمى الفوسفورات، فتتوهج باللون الأحمر أو الأزرق أو الأخضر. ويمكن فى المستقبل لشاشات البلُّور السائل المسطحة أن تُصبح كالطلاء، تُطلى بها الجدران مباشرة.

وفى حالة ساعة المعصم الرقمية البسيطة، هناك نماذج من الأرقام السوداء تظهر على الزجاج المطلى بطبقة موصِّلة شفافة. هذه النماذج فى العادة غير مرئية، ولكن عندما يسرى تيار فيها يدفئ البلُّورات السائلة، فتظهر على شكل أرقام سوداء.

وفى شاشات البلورات السائلة للكمبيوتر أو التليفزيون من النوعية الجيدة، توجد مساحة تسمى «المصفوفة النشطة» على الشاشة. والشاشة مقسمة إلى آلاف الخلايا، (والتى تُسمى «بيكسل»)، كل منها يتم التحكم فيها بواسطة ترانزستورات منتظمة فى طبقة رقيقة. وفى جهاز الكمبيوتر المحمول (اللاب توب) النموذجى، يوجد حوالى مليونى ترانزستور مطبوعة على ظهر شاشة العرض. ولتكوين الصورة، تمر شحنة كهربائية من خلال الترانزستورات إلى النموذج الصحيح من الخلايا.

وفى الشاشات الملونة، كل خلية بها ثلاث خلايا ثانوية، بمرشحات أحمر وأخضر وأزرق، ليتكون اللون بخلط هذه المرشحات بالنسب الصحيحة. وبالجمع بين التأثيرات اللونية للخلايا المتجاورة، يستطيع جهاز العرض تكوين حوالى 16,8 مليون لون مختلف.

التجوية

خلال فترة عُمر الإنسان قد يبدو المنظر الطبيعى ثابتا لا يتغير. غير أن التلال والجبال تتعرض طول الوقت للنحر ويتغير شكلها بفعل أنواع عديدة من التجوية والتعرية. وفى أماكن أخرى تنجرف فتات الصخور إلى البحيرات والبحار، حيث تترسب هناك فوق بعضها البعض وتتعرض للضغوط وتتحول إلى صخور رسوبية.

غالبًا ما يستخدم الجيومورفولوجيون (وهم الناس الذين يدرسون شكل الأرض وكيف تتشكَّل المناظر الطبيعية) كلمتى تجوية وتعرية (نحر) معًا، فهما عمليتان متصلتان اتصالاً وثيقًا، ومن ثم كثيرًا ما يُساء فهمهما. غير أن التجوية والتعرية (النحر أو التَحات) عمليتان مختلفتان اختلافًا بينًا.

التجوية هى تفكك سطح الأرض، خاصة الصخور والتربة، فى موقعها الأصلى. وتحلل سطح الأرض يُعرف بالتجوية الكيماوية، بينما يُعرف تفكك مادة سطح الأرض بالتجوية الطبيعية (الفيزيقية) أو الآلية (الميكانيكية).

والتعرية هى تحاتّ الطبقة السطحية للأرض وزوالها. ويتضمن هذا المصطلح مجموعة من العمليات أوسع من التجوية. فالتعرية تشمل تحلل وتفكك المادة السطحية بفعل قوى طبيعية، منها: أمواج البحر، والجليد المتحرك والمياه الجارية وأيضا التجوية. ومن المهم أن ندرك أن التعرية تتضمن كذلك إزالة المادة الناشئة عن التفكك والتحليل إلى مكان آخر، حيث إنها تزول وهى تسقط أو تقذفها الرياح، أو تنقلها أنهار الجليد من موقعها الأصلى.

وبينما تُزال المادة المُعرّاة وتُنقل، فإنها قد تساهم بدورها فى إحداث نوع آخر من التعرية عندما تحتك فى طريقها بمواد سطحية أخرى فتطحنها، وتتحطم جسيمات المادة المُعَرّاة أيضًا إلى قطع أصغر بينما تتصادم ببعضها البعض. وعملية التعرّية هذه تسمى الاحتكاك أو التآكل بالاحتكاك.

▼ قمة فى المنطقة البرية من جبل بيكر، واشنطن، يظهر فيها العديد من علامات التجوية المهمة. فجسم الجبل قد تآكل، وتفكك بفعل عمليات تجوية كيماوية وميكانيكية معًا، مما أدى إلى وجود منحدرات من الحجارة المتراكمة.



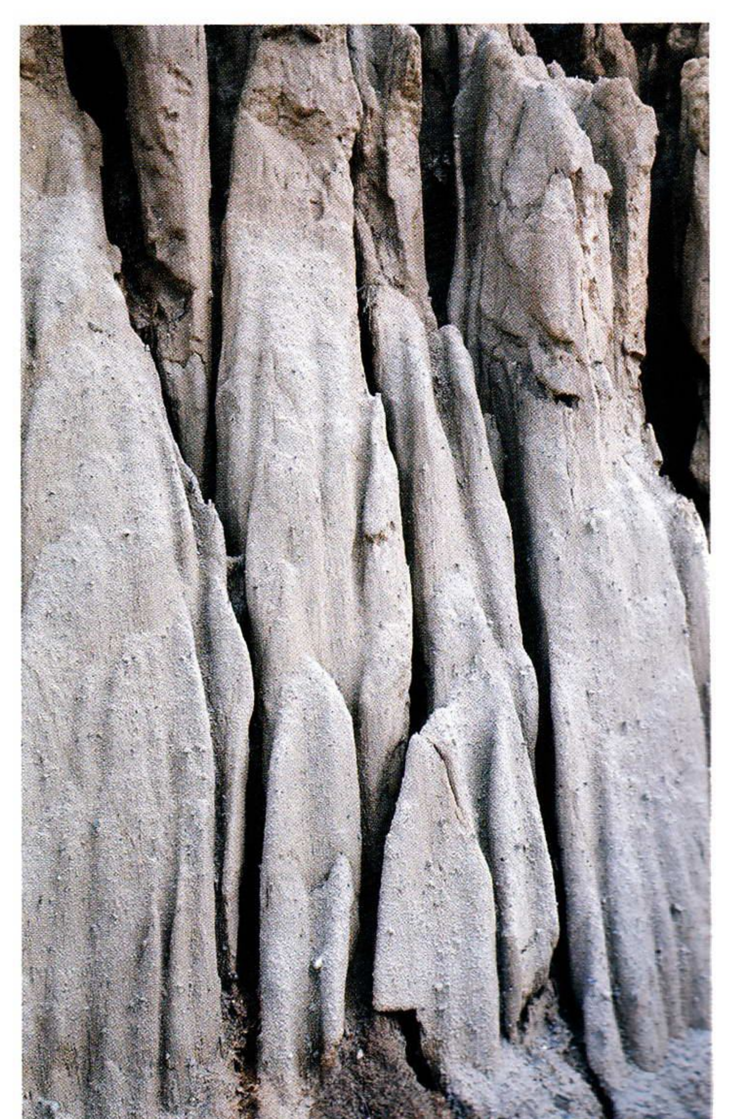
تأثيرات التجوية والتعرية

يقدر الجيولوجيون عمر الأرض بنحو 4.6 مليار سنة. وعلى مر هذه الأزمنة السحيقة ارتفعت جبال من ترّسبات على قيعان بحار قديمة، ثم عادت لتبلى وتتحول بفعل التعرية إلى شكل أقرب للسهول المنبسطة. إن تآكل الأرض عملية مستمرة طوال الوقت.

التجوية هى العملية الأساسية التى تسبب تآكل سطح الأرض وتشكيله. وتنتج التجوية كميات هائلة من التربة والصخور المفككة، وهى المواد التى يمكن لعناصر التعرية إزالتها، واستخدامها لمزيد من الاحتكاك والحتّ لسطح الأرض، ونقلها إلى مكان آخر.

التجوية الكيماوية

التجوية الكيماوية هى تحلل الصخور والتربة بواسطة عمليات كيماوية. وتحدث التجوية الكيماوية فى المقام الأول بفعل التفاعلات الكيماوية بين الصخور والماء.



على الرغم أن بعض العناصر، مثل الهاليت (الملح الصخرى)، قابلة للذوبان فى الماء النقى، إلا أن معظم المعادن والصخور عليها أن تمر ببعض التغيرات الكيماوية قبل أن تصير قابلة للذوبان فى الماء. وماء المطر هو العامل الرئيسى فى التجوية الكيماوية، لكن ماء المطر ليس ماء نقيًا. فماء المطر يحتوى على كل من الأكسجين (O_2) وثانى أكسيد الكربون (CO_2) بالإضافة إلى مواد كيماوية أخرى ذائبة فيه من الهواء. عندما ينشع ماء المطر خلال التربة فيصل إلى الصخور التى تحتها، فإنه يذيب مزيدًا من ثانى أكسيد الكربون ومواد أخرى. ويتراوح تركيز ثانى أكسيد الكربون فى التربة عادة ما بين عشرة أضعاف إلى مائة ضعف تركيزه فى الهواء الجوى. وهذه الخصائص الكيماوية هى التى تجعل من ماء المطر عنصرًا فعالاً من عناصر التجوية.

ومعادن قليلة تستطيع مقاومة التحلل الذى تسببه التجوية الكيماوية، ومن هذه المعادن الكوارتز. هذا المعدن الصلد هو أحد المعادن الرئيسية فى الجرانيت. عندما يتحلل الجرانيت فإن حبيبات الكوارتز المتبقية تجرفها الأنهار إلى البحر. وهناك تتراكم على امتداد الساحل لكى تصبح المكوّن الرئيس للشواطئ الرملية.

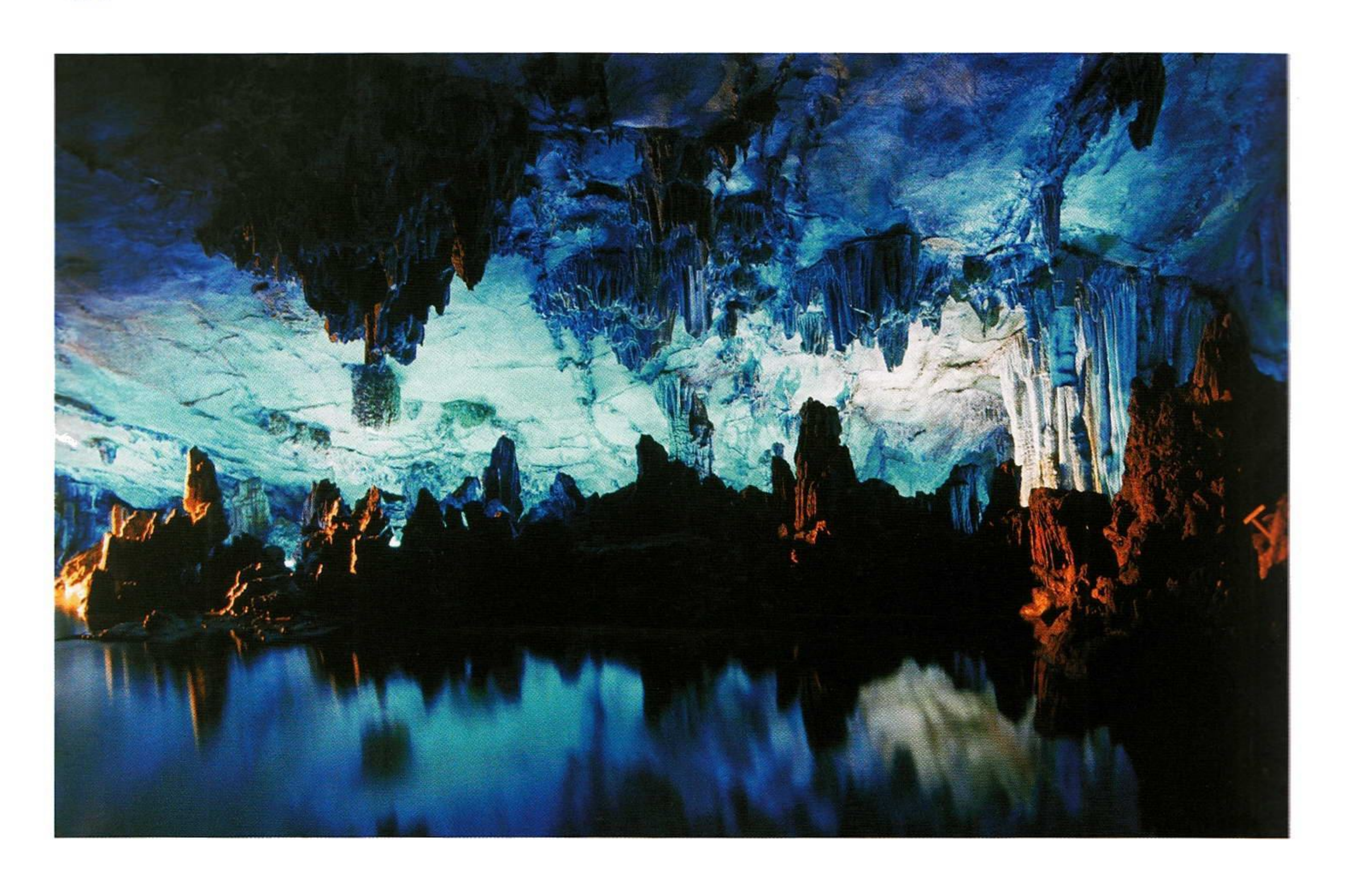
التأكسد (الأكسدة)

يُعرف أحد أنماط التجوية الكيماوية بالتأكسد. ويحدث التأكسد عادة مع الأكسجين الذى يتفاعل بسهولة مع كثير من المواد الأخرى. ويعتبر الحديد هو أكثر العناصر المعدنية قابلية للتأكسد. وتأكسد الحديد يُعرف بالصدأ، وينتج عنه لون مميز على سطح الحديد المتأكسد هو لون بنى مائل للاصفرار أو الاحمرار. ومن العناصر المعدنية الأخرى التى تتأكسد بسهولة الألومونيوم، والكروميوم، والماغنسيوم، والكبريت.

ويحدث الصدأ عندما يتعرض الحديد للمطر أو للهواء الرطب حيث يتفاعل الأوكسجين الذائب فى الماء مع الحديد فيتكون أكسيد الحديد الثلاثى (Fe_2O_3) ويكون التفاعل كما يلى:

$$2FeO + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$$

▶ **تشكيل صخرى غير عادى فى ألبرتا، كندا، تشكَّل بسبب التجوية الكيمياوية الناتجة عن سقوط الأمطار. فى عملية تسمى التحلل المائى، يتفاعل الحامض الموجود فى مياه الأمطار مع المعادن الموجودة داخل الصخور، مما يجعل مياه الأمطار قادرة على إذابة المعادن. وبمرور الوقت، تسببت هذه العملية فى نحت الصخرة وتآكلها لتكوّن شكلاً من الأخاديد والثنيات.**



▲ **مغارة ريد فلوت (والاسم يعنى: الناى القصب) فى منطقة من الحجر الجيرى فى مقاطعة جوانكسى، الصين. هذه المغارة مثال جيد للتجوية الكيماوية: فأثناء عملية تسمى بالتكربن، يذوب الحجر الجيرى بفعل مياه الأمطار، مما يؤدى إلى تكوين كهوف رائعة المنظر تحتوى على الصواعد والهوابط (الحليمات العليا والسفلى).**

أكسيد حديد (حديدوز) + أكسجين ⟵ أكسيد حديد ثلاثى (حديديك)

يعمل الصدأ على إضعاف معادن الحديد فى الصخور مما يسبب تفتتها ويجعلها عرضة للانجراف فى محلول مع الماء. ويؤدى ذلك إلى مزيد من تعريض الحديد فى الطبقات السفلية للصدأ. وبمرور الوقت يؤدى الصدأ إلى تفكك الصخور الغنية بالحديد.

الهيدرة (التميؤ)

من صور التجوية الكيماوية الأخرى ما يُسمى بالهيدرة (أو التميُّؤ). والهيدرة هى العملية التى فيها تقوم المعادن الموجودة فى الصخور بامتصاص الماء. ويؤدى ذلك إلى تمدد (انتفاخ) الصخور و/أو تغيرها كيماويًا أحياناً. ومن أمثلة الهيدرة تحول الأنهيدريت (وهو معدن مركب فى الأصل من كبريتات النحاس) إلى جبس. ويكون التفاعل كما يلى:

$$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$$

كبريتات كالسيوم لامائية + ماء ⟵ جبس

وحتى مع عدم وجود أى تفاعل كيماوى فى عملية الهيدرة، يظل من الممكن حدوث التجوية الميكانيكية نتيجة هذه العملية، وذلك لأن كثيرًا من الصخور والتربة تتمدد عندما تمتص الماء. وبعض المواد، خصوصًا تلك التى تحتوى على الطين، قد تتمدد حتى يصل حجمها إلى 16 مرة مثل حجمها الأصلى. ويضعف التمدد المواد وقد يسبب تكسّرها بل وتحولها إلى السيولة.

التحلل المائى

التحلل المائى أحد صور التجوية الكيماوية التى تحدث عندما يحلل الماء الحمضى معادن الصخور. ومن المعادن الحساسة للتحلل المائى الأمفيبولات (الحائرات: خامات من سليكات الكالسيوم والحديد والمغنسيوم وسواها)، والفلسبارات والبيروكسينات. فالفلسبارات الأورثوكلاز ـ على سبيل المثال ـ شائعة الوجود فى الصخور النارية كالجرانيت. وفى أثناء التحلل المائى تتحلل

فلسبارات أورثوكلاز فى الجرانيت إلى كاولين وسيليكا وبوتاس (هيدروكسيد البوتاسيوم). ويبقى الكاولين والسيليكا، بينما يُزال البوتاس فى محلول مع الماء. ولا يتأثر الكوارتز والميكا ـ المعدنان المهمان الآخران الموجودان فى الجرانيت ـ بالتحليل المائى، لكن تحلل الفلسبار، الذى هو مكوّن متمم لتركيب الجرانيت، يسبب فى النهاية تفتت ما بقى من الصخر. ويكون التفاعل كما يلى:

$$2AlSi_3O_8 + 2H_2O \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2 + K_2O$$

أورثوكلازفلسبار+ ماء ⟵ كاولين + سيليكا + بوتاس

التكربن

التكربن نوع مهم آخر من التجوية الكمياوية. والتكربن شبيه بالتحلل المائى، لكنه يحدث للصخور التى تحتوى على كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، كالحجر الجيرى والطباشير. والتكربن مسئول عن تكوين كهوف الحجر الجيرى. ويحدث التكربن عندما يتحد المطر مع ثانى أكسيد الكربون أو مع حمض عضوى فيتكوّن حمض كربونيك ضعيف يستمر بدوره فى التفاعل مع الحجر الجيرى مكوّنًا بيكربونات الكالسيوم التى تذوب فى الماء. ويسير التفاعل على النحو التالى:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_2$$

ماء + ثانى أكسيد الكربون ⟵ حمض كربونيك

$$H_2CO_3 + CaCO_3 \longrightarrow Ca(HCO3)_2$$

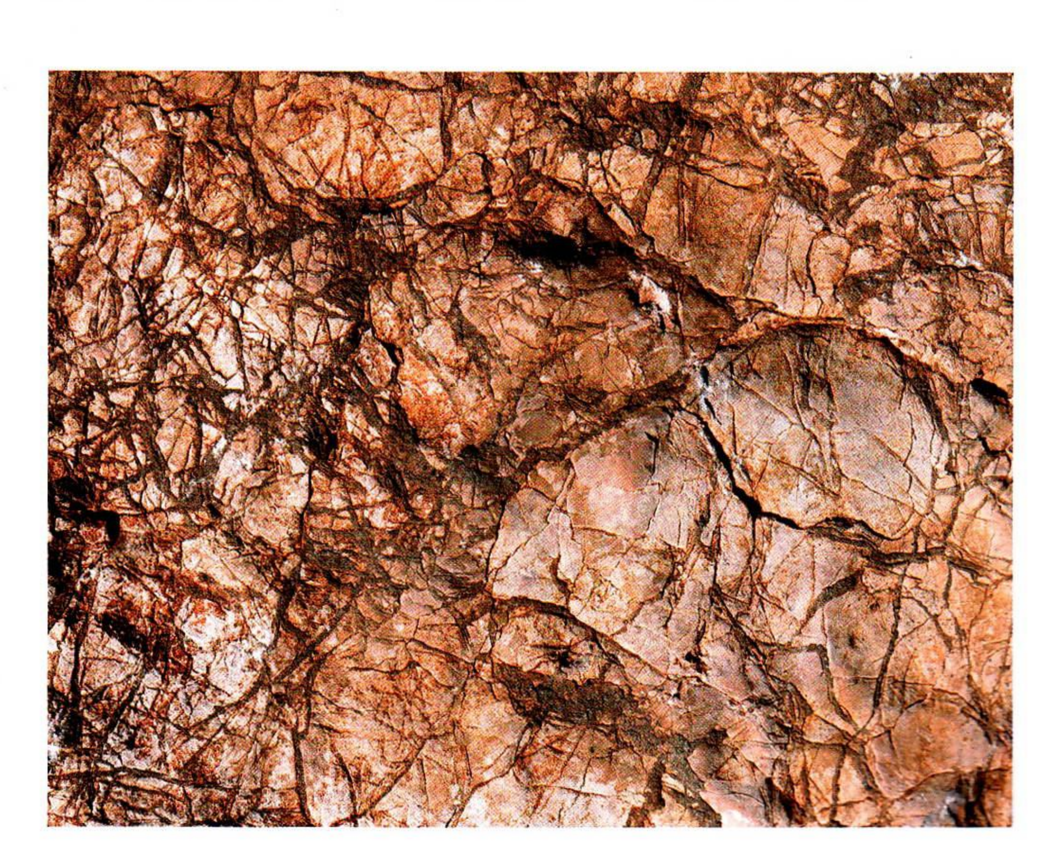
كربونات كالسيوم + حمض كربونيك ⟵ بيكربونات الكالسيوم

غالبا ما تشق سطوح الحجر الجيرى المعراة بفعل أخاديد حُفرت بهذه الطريقة. وأحيانًا ما تظهر بقع صغيرة من التربة. وتحتوى هذه التربة على شوائب تخلفت عن عملية التكربن، وتسمى مخلفات التجوية، وهى تتكون من مواد مثل الكوارتز والصلصال، وفى بعض الأحيان تحتوى أيضًا على هيدروكسيدات حديدية غير قابلة للذوبان «أتربة حمراء».

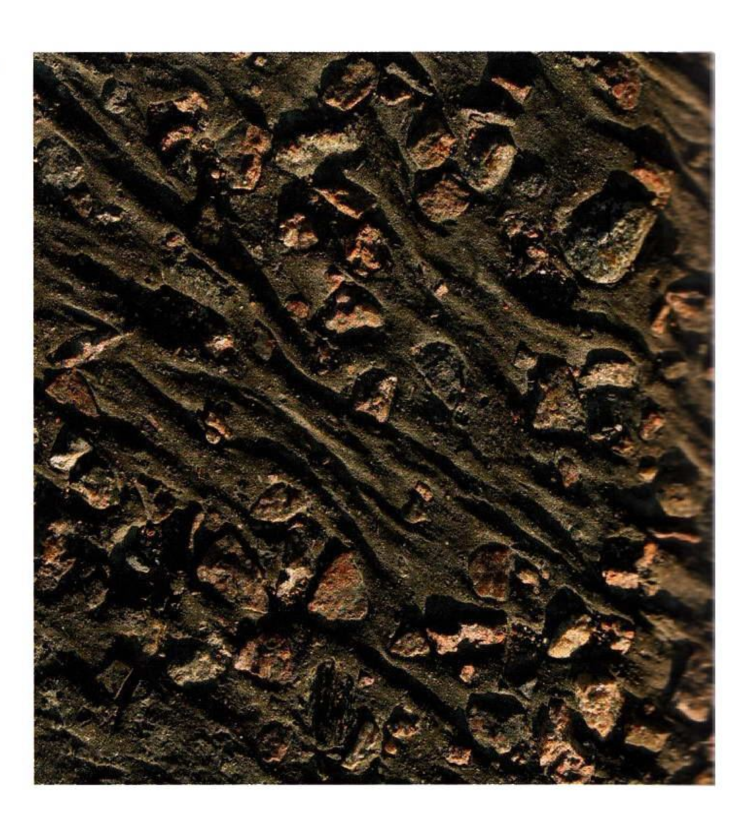
تأثيرات التجوية الكيماوية

تتسبب مياه المطر التى تتسرب من خلال الكسور الموجودة فى الصخور الجيرية فى تمدد الصدوع العمودية والمستويات الأفقية لتتحول إلى شبكة من الصدوع والأنفاق والتجاويف أو المغارات. بعض هذه التجاويف تتجمع فيها تشكيلات من كربونات الكالسيوم، وهى رواسب ناتجة عن المياه المتسربة. وأكثر هذه التشكيلات شهرةً الكتل المدلاة الشبيهة بالكتل الجليدية، ومنها الهوابط أو الحليمات العليا، وهى رواسب كلسية مدلاة من سقوف المغارات، والصواعد أو الحليمات السفلى، وهى رواسب كلسية فى أراضى المغارات.

وليس ضروريًّا أن نزور إحدى مغارات الحجر الجيرى لرؤية آثار



◄ **سطح هذه الصخرة أصبح خشنًا بسبب عوامل التجوية الطبيعية. وفى الغالب تعرضت الصخرة لعوامل تعرية بسبب عدد من التمددات والانقباضات الناتجة عن تغيرات درجة الحرارة، وبسبب التحطم الذى يحدث عندما تتجمد المياه فى صدوع الصخور فتتمدد.**



◄ يمكن أن يكون سقوط المطر أحد أسباب التجوية. فعندما تصطدم قطرات المطر بالأرض الناعمة، قد تساعد فى قلقلة جزيئات التربة والصخور، وتحفر فيها قنوات تسمى بالجداول.

التجوية الكيماوية. ولكن يمكن رؤية هذه الظاهرة فى المبانى القديمة المبنية من الحجر، والصروح الأثرية، وشواهد المقابر - خاصة تلك التى حُفرت عليها كلمات بارزة. والتجوية تضعف الصخور، خاصة عندما تتفتت بعض المعادن فى الصخور، بينما تظل باقى أجزاء الصخرة كما هى. ومثل هذه الصخور تصبح عرضة للتجوية الميكانيكية وعوامل التعرية.

التعرية الميكانيكية

تحدث التعرية الميكانيكية (الآلية) بسبب قوى هدامة للصخور والتربة ناتجة عن عوامل متعددة، منها الرياح، وسقوط المطر، وتغيرات الحرارة، وعوامل بيولوجية.

التقشُّر

فى المناطق الجافة، تسخن الصخور تحت الشمس أثناء النهار. وتتمدد المعادن المختلفة فى الصخور ذات الحبيبات الخشنة، مثل الجرانيت، بنسب مختلفة. ونتيجة لذلك، يتكسر السطح، وفى النهاية تتقشر طبقات من الصخور. هذه العملية تسمى بعملية التقشُّر. ويحدث التقشر أيضًا أثناء الليل، عندما تبرد الصخور بسرعة. ولأن المعادن الموجودة فى الصخور تنكمش بمعدلات مختلفة، تبدأ الصخور فى التصدع، وينتج عن تصدعها أصوات عالية تشبه صوت طلقة البندقية. ويمكن أن يحدث التقشُّر الناتج عن التمدد والانكماش الحراريين فى أى مكان، حتى فى وجود المياه، لكنه يكون ملحوظًا على نطاق واسع فى الصحراء.

التحطم الجليدى

التحطم الجليدى هو أهم مظهر من مظاهر التجوية الميكانيكية فى المناطق الباردة الرطبة. تتجمع المياه فى صدوع الصخور السطحية أثناء النهار. وفى الليل، قد تهبط درجة الحرارة تحت نقطة التجمد، فتتجمد المياه. ولأن الثلج يحتل مساحة تزيد بنسبة 9 بالمائة عن مساحة نفس الكمية من المياه، فإن التجمد يجعل المياه تتمدد. وهذا التمدد يتسبب فى ضغط هائل على جانبى الصدع. وتتسع الصدوع تدريجيًا نتيجة عدد من دورات التجمد والذوبان، حتى تنكسر الصخور فى النهاية.

ويكون التحطم الجليدى واسع النطاق مؤثرًا خاصة فى المناطق الجبلية حيث الصخور المتصدعة ظاهرة على السطح. فالكتل الضخمة من الصخور المتصدعة التى انفصلت عن المنحدرات الشاهقة تقع متعثرة وتتكوم عند أسفل المنحدرات. وهذه الأكوام المتراكمة من الحجارة تسمى الفلذ الصخرية المتراكمة أو ركام الحجارة. وفيما بعد تنهار هذه الحجارة المفككة بفعل الانزلاقات الأرضية أو المياه الجارية أو ذوبان الجليد.

الرياح والأمطار

الرياح والأمطار يمكن أن تلعب دورًا فى التجوية. ورغم أن الرياح غالبًا أحد عوامل التعرية، إلا أنها بنقلها للصخور

هل تعلم؟

إن معدل التعرية لسطح الأرض يصل إلى حوالى 0.3 من المتر كل أربعمائة سنة. لكن فى المناطق الدافئة والرطبة، يتسارع هذا المعدل كثيرًا. وفى المناطق الباردة، تأخذ المسألة آلاف السنين لتحدث تعرية لنفس الكمية من الأرض.



◄ بينما تنمو هذه الشجرة، تتغلغل جذورها فى الصخور أسفلها من خلال الصدوع الموجودة فيها. وكلما كبرت الجذور، تدفع الصدوع فتزداد اتساعًا، وتسبب تفكك الصخر ببطء. هذه العملية نوع من التجوية البيولوجية.

الصغيرة ومساعدتها فى عمليات الكشط والاحتكاك بين الصخور، فهى تتسبب أيضًا فى التجوية عن طريق دفع جزيئات التربة أو الرمال من حيث هى وبتغيير الشكل السطحى للسهول الأرضية.

وبنفس الطريقة، فإن الأمطار أيضًا مسئولة عن بعض التجوية الميكانيكية. فكلما سقط المطر، أو الثلوج الخفيفة، أو البَرَد على الأرض السهلة، يمكنها تحريك التربة أو جزيئات الصخور وتفريقها. وعندما تجرى مياه الأمطار عبر المنحدرات المائلة، ربما تزيد من تغيير السطح، بحفر قنوات صغيرة تسمى بالجداول. كما أن الكميات الكبيرة من الأمطار يمكن أن تتسبب فى إضعاف التربة وبعض الصخور عندما تتشبع بالمياه وتتحد معها فيما يسمى بعملية الهيدرة.

التجوية البيولوجية (الحيوية)

تتسبب جذور النباتات أيضًا فى التجوية الميكانيكية. فالشجرة الصغيرة مثلاً يمكن أن تمد جذورها فى أحد صدوع صخرة ضخمة (جلمود). وكلما نمت الشجرة، يدفع الجذر طريقه لأسفل وعلى جوانبه. وقوة الدفع هذه توسع من الصدع الموجود فى الصخرة.

الديدان وغيرها من الحيوانات الحفارة أيضًا تلعب دورًا فى التجوية الميكانيكية، لأنها تخلخل الجزيئات الناعمة للصخر وتخرجها إلى سطح الأرض. وهنا تزال الصخرة غالبًا بفعل عوامل التعرية. ويحدث هذا خاصة على الأسطح العارية. أما فى المناطق المغطاة بالنباتات، فإن الجذور تميل إلى إلصاق جزيئات التربة ببعضها. وبحماية السطح، تقلل النباتات من معدل التعرية.

معدلات التجوية

تختلف معدلات التجوية من مكان إلى آخر. وهذا لأن العوامل التى تقرر معدلات التجوية والتعرية أيضًا تختلف من مكان إلى آخر. وهذه العوامل تشمل المناخ، والطقس، والجيولوجيا (أنواع الصخور)، وخصائص التربة، والطبوجرافيا (ملامح الأرض)، والهيدروليكية (خصائص وتوزيع المياه على سطح الأرض، وفى الأعماق، وفى الجو)، والحياة النباتية.

ولكمية الرطوبة فى الجو وتأثيرها على التجوية، وكذلك تركيز مختلف الغازات التى يمكن أن تتحد مع الرطوبة. والمكونات المعدنية وتركيب الصخر سوف تقرر معدل تغيرها أو تفككها، وكذلك أشكال أجزائها، وملامحها، والتصدعات التى تتخللها. والمناخ أيضًا يؤثر على نوع ومعدل التجوية بتأثيره على فرصة التقشُّر، ودورات التجمد والذوبان، والتفاعلات الكيميائية.

التحكُّم عن بُعْد

التحكم عن بعد هو التحكم فى شىء من مسافة ما. وتستخدم أنظمة التحكم عن بُعدٍ وصلاتٍ سلكية ممتدةً أحيانًا، ولكن الأغلب أن تستخدم موجات الراديو أو أى نوع آخر من الاتصالات اللاسلكية. وأنظمة التحكم عن بعد لها تطبيقات كثيرة، بدءًا من تشغيل أجهزة التليفزيون إلى التحكم فى الصواريخ والمركبات المرسلة إلى الفضاء الخارجى.

يستخدم التحكُّم عن بُعد (الريموت كنترول) فى المنزل، وفى العلوم، وفى الصناعة. والدور الأساسى لكل أنظمة التحكم عن بُعد هو التحكم فى أداة أو جهاز من مكان آخر على بُعد مسافة ما. وهناك تنوع كبير فى الأدوات أو الأجهزة التى يتم التحكم فيها، وفى الوسائل المستخدمة فى هذا التحكم. وهناك أربعة أنماط مهمة من أنظمة التحكم عن بُعد، وهى: التحكم عن طريق موجات اللاسلكى، والتحكم بالأشعة تحت الحمراء، وأجهزة التعامل عن بُعد، وأجهزة القياس عن بعد.

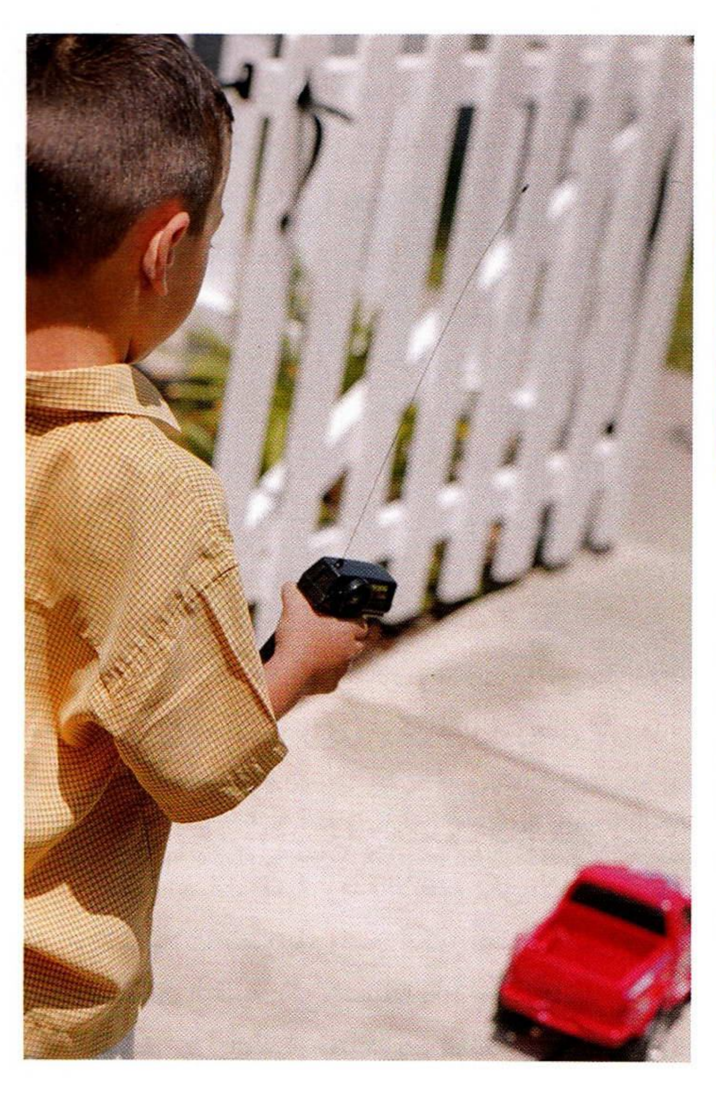
التحكم عن طريق موجات اللاسلكى

من الوسائل المعتادة للتحكم عن بُعد استخدام موجات اللاسلكى. وهى طريقة لتوجيه حركة شىء أو أكثر عن بُعد. ومن الأمثلة على ذلك، نموذج طائرة يتم توجيهه بالتحكم عن بُعد. فيمكن جعل الطائرة تقلع وتهبط، وتسرع وتبطئ، وتلف، وتميل جانبًا، كل ذلك بتوجيه من إخصائى التشغيل الموجود على الأرض.

ويمكن تقسيم أجهزة التحكم باللاسلكى إلى نوعيْن: نوع وحيد القناة، ونوع متعدد القنوات. والفرق بين النوعين هو أن الجهاز وحيد القناة يمكن أن يتحكم فى وظيفة واحدة فقط، مثل التوجيه، بينما الجهاز متعدد القنوات يستطيع التحكم فى عدة وظائف.

جهاز التحكم اللاسلكى وحيد القناة

يتكون الجهاز اللاسلكى وحيد القناة من مُرسِل (جهاز إرسال)، ومُرَحِّل (وهو أداة تتسلم الإشارات الكهربائية الصغيرة



▲ **طفل يستخدم جهاز تحكم عن بعد (ريموت كونترول) بسيطاً لتوجيه حركة سيارة نقل لعبة. وإشارات اللاسلكى المنبعثة من الجهاز اليدوى تجعل الطفل قادرًا على تحريك السيارة وجعلها تسرع أو تبطئ.**

وتقوم بترحيلها لفتح أو غلق دائرة كهربائية)، وأداة كهروميكانيكية تُسمى «المُشَغِّل الآلى» أو «المَضْبَط»، والتى تضبط أداء الوظيفة الوحيدة.

وعندما يتم تحريك الذراع، أو الزر، أو «مفتاح التحويل» على المُرسِل، تنبعث إشارة لاسلكية سريعة التردد. وهذه الإشارة يتم التقاطها وتكبيرها (تقويتها) عن طريق المُستقبِل فى نموذج الطائرة النموذجية، مثلاً. وتقوم الإشارة المكبرة بتشغيل المُرحِّل، والذى يقوم بدوره بإدارة المُشغِّل الآلى. وقد يكون المشغِّل الآلى متصلاً، مثلاً، بدفة الطائرة عن طريق ذراع تدوير. ولأن نظام التحكم

اللاسلكى وحيد القناة بسيط للغاية، فإن آلياته لا تستطيع اللف إلا بمقدار 90 درجة. والنتيجة هى لفات تتابعية على نسق يسار - وسط - يمين - وسط - يسار.

ونظام التحكم وحيد القناة محدود؛ لأنه يستطيع أن يقوم بتشغيل وظيفة واحدة - مثل صمام لزيادة السرعة أو فرامل لتخفيفها - عن طريق مفتاح تشغيل أو إيقاف. ولا يمكن لهذا النظام أن يقوم بوظيفة أخرى بين الوقف والتشغيل.

التحكم اللاسلكى متعدد القنوات

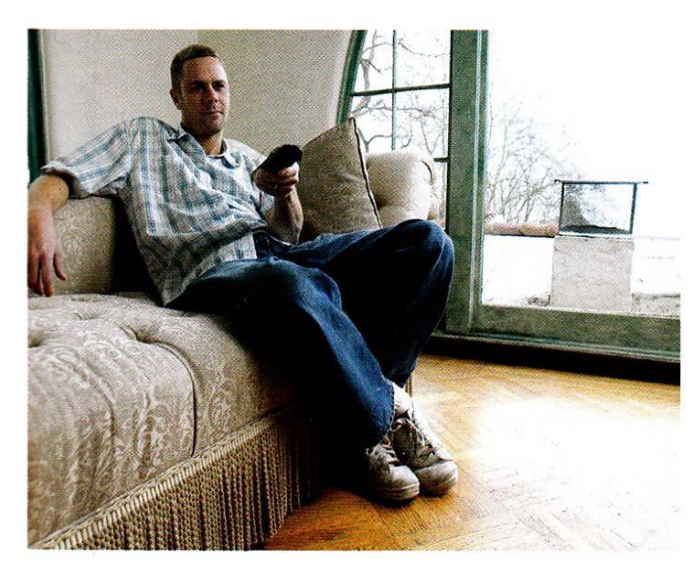
كانت النماذج الأولى من أنظمة التحكم اللاسلكى متعددة القنوات كبيرة وثقيلة، ولم يكن من الممكن الاعتماد عليها دائمًا. وكانت هذه الأنظمة تستخدم مُرسلات صوتية يمكن أن تنبعث منها نبرات قد تصل إلى 12 نبرة مختلفة، ويوجد فى المُستقبِل 12 مفتاح تحويل صوتى يتأثر كل منها بإحدى هذه النبرات، فتحدث ذبذبة وتُغْلق إحدى الوصلات. وإغلاق وصلات معينة يجعل أداة تُسمى «أداة التحكُّم الآلى» تؤدى الحركة المطلوبة، ويطلق على هذه الأداة اختصارًا «السيرفو».

وتستخدم الأجهزة الحديثة من التحكم اللاسلكى متعدد القنوات أنظمة نبضات رقمية. وهذه الأنظمة يمكن الاعتماد عليها أكثر من المرسلات الصوتية، وتتيح تحكمًا أفضل. والذراع فى مُرسِل النبضات الرقمية يمكن تشغيلها بالطريقة ذاتها مثل عمود التدوير الحقيقى فى الطائرة. فعندما يتم تحريكه، حتى لو قليلاً، يتحرك جسم الطائرة حركة متناسبة مع حركته.

وتنبعث من المُرسِل سلسلة من النبضات طوال الوقت وهو مفتوح. وتحتوى مجموعة النبضات نبضة زائدة عن عدد القنوات (أى الوظائف التى يمكن التحكم فيها فى النموذج). ويقرأ المُستقبِل «المسافات» بين كل نبضة وأخرى باعتبارها نبضات. ويقوم المستقبل بتكبير الإشارة التى تحتوى النبضات ثم يمررها إلى جهاز فك الشفرة.

ويرسل جهاز فك الشفرة المسافات إلى السيرفو المناسب، والذى يولّد عندئذ نبضة أخرى لها الطول ذاته، ولكن من قطبية مضادة (إما إيجابية وإما سلبية). وهذه النبضات سرعان ما تقوم بإلغاء بعضها بعضًا، ويتوقف الموتور.

ولكن إذا تم تشغيل ذراع فى المُرسِل، ينتج عن ذلك تغيُّر فى طول المسافة المُرسَلة (زمن استمرار النبضة). وعندما تصل إلى



▲ أجهزة التسلية المنزلية يمكن عادة التحكم فيها باستخدام أداة يدوية للتحكم عن بُعد. وهذه الأدوات تعمل بإرسال نبضات شفرية من الأشعة تحت الحمراء إلى مُستقبِل فى الجهاز.

السيرفو، لا تصبح هذه المسافة (النبضة) متماثلة مع تلك التى ينتجها السيرفو. ومن ثم، لا تلغى إحداهما الأخرى، ويتم تشغيل الموتور، وتشغيل الوظيفة المطلوبة.

وبمجرد أن يدور المحرك أوالموتور، يتغير نبض السيرفو. وعندما يتماثل هذا النبض مع النبض المرسل، يقوم كلاهما بإلغاء الآخر، ويتوقف الموتور. وعندما تُعاد الذراع إلى الوضع الطبيعى، يقوم السيرفو بفعل الشىء ذاته. ويمكن تشغيل ذراع واحدة أو كل الأذرع الموجودة فى المُرسِل فى الوقت ذاته.

جهاز التحكم عن بُعد بالأشعة تحت الحمراء

وأكثر أنواع أجهزة التحكم عن بعد انتشارًا وأُلفة بين الناس هو الذى يعمل بالأشعة تحت الحمراء، والذى يُستخدم على نطاق واسع فى المنزل لتشغيل الأجهزة الإلكترونية وغيرها من الأجهزة.

ويستخدم جهاز الأشعة تحت الحمراء نبضات من ضوء الأشعة تحت الحمراء غير المرئية لإرسال إشارات التحكم إلى أحد الأجهزة. وعلى عكس ما يحدث مع مرسلات اللاسلكى، فإن مرسلات الأشعة تحت الحمراء لابد أن تكون قادرة على «رؤية» الجهاز الذى تقوم بتشغيله بشكل مباشر، أو غير مباشر. وعلى سبيل المثال، يمكن للأشعة الحمراء أن تنعكس على الجدران، ولكنها لا يمكن أن تمر من خلالها.



▲ هذه الطائرة التجريبية من نوع (X-36) والتى تطير من دون طيار، فى طيران تجريبى فى قاعدة إدواردز الجوية فى كاليفورنيا. وللطائرة نظام متقدم للغاية للتشغيل عن بُعد، ويتم التحكم فى طيرانها من الأرض.

وعندما يتم الضغط على أحد أزرار جهاز التحكم عن بعد الذى يعمل بالأشعة تحت الحمراء، يقوم بتكملة اتصال معين. وهناك شريحة دقيقة فى الجهاز اليدوى تُصدِر إشارة تتصل بذلك الزرار. وتقوم الترانزستورات بتكبير هذه الإشارة وإرسالها إلى صمام ثنائى القطب، باعث للضوء فى مقدمة الجهاز اليدوى، والذى يترجم الإشارة إلى ضوء بالأشعة تحت الحمراء. وهناك حساس للأشعة تحت الحمراء فى الجهاز المراد تشغيله يستقبل الإشارة الضوئية ويجعل الجهاز يستجيب الاستجابة الملائمة.

التشغيل عن بُعد

أحيانًا يكون على الناس العمل مع أشياء أو مواد شديدة الخطورة ولا يمكن التعامل معها مباشرة. وهذا صحيح خاصة بالنسبة إلى المواد المشعة، على سبيل المثال. وهنا يكون التعامل عن بعد شكلاً من أشكال التحكم عن بعد، والذى يجعل الناس قادرين على العمل بهذه المواد، وهم على مسافة آمنة منها.

ويحتاج الإنسان إلى الآلات التى تنفذ عمليات التعامل عن بعد لأعمال مثل خلط السوائل المشعة، وإجراء تجارب بمواد مشعة. وهذا ضرورى لأن الإشعاع يمكن أن يكون ضارًا بالإنسان.

وأبسط أجهزة التشغيل عن بعد، هى أدوات ميكانيكية وليست أدوات كهربائية. وهذه الأدوات، التى تسمى «الأذرع الطويلة»، هى غالبًا عبارة عن ملاقط مركّبة على أذرع طويلة، يمكنها الوصول إلى مسافة ثلاثة أمتار. وتوجد فى نهاية الأداة قبضة متصلة بالملقط عن طريق سلك. ويقوم فنى التشغيل بالفتح أو الغلق ليمسك الأشياء أو يحركها. وبعض هذه الأدوات قادرة أيضًا على لف الملقط أو إمالته. ولكنها لا تستطيع فعل أكثر من تحريك الصناديق أو الأوعية.

وهناك نوع أكثر تعقيدًا من أدوات التعامل عن بعد يُستخدم من خلال جدار للحماية. وفى هذه الحالة، تتكوَّن أداة التعامل عن بعد من قضبان مستقيمة موضوعة من خلال الجدار على مفصل كروى يسمح بلف القضبان فى كل الاتجاهات. وهناك أدوات مختلفة تتصل بالقضبان، وهذه يتم تشغيلها بمقبض يشبه مقبض المسدس فى الناحية الخارجية. ويستطيع الفنى قطع الأشياء، وترتيبها، وهزها، وثقبها، كما يستطيع تحريكها. ويمكن للفنيين أن يروا ما يفعلون بالنظر من خلال نوافذ من الزجاج المصفح.



هذا الروبوت العسكرى الذى يتم التحكم فيه عن بعد يستخدم لفحص علبة مثيرة للريبة فى أثناء تدريب على مكافحة الإرهاب. وتتيح الآلات التى يتم تشغيلها عن بُعد أداء عمليات خطرة من مسافة بعيدة دون تعريض حياة العاملين للخطر.

وأعقد أدوات التشغيل عن بعد تسمى «أدوات تحكُّم السيد فى العبد». وفنى التشغيل هو السيد، ورؤوس الأدوات هى العبيد. وهذا النوع يختلف عن الأدوات الأخرى فى أنه يستطيع أن يفعل بالضبط ما يريده الفنى، وكأن الفنى لديه ذراعان ويدان أخريان فى الجانب الآخر من الحائط الواقى.

ومن أنواع أدوات «تحكُّم السيد فى العبد» هذه، نوع فيه ذراع تلسكوبية معلقة بمفصل يرتكز على محور فوق منطقة العمل. وهناك أنواع كثيرة مختلفة من الأدوات يمكن توصيلها إلى الذراع - أدوات آلية كهربائية، وكذلك أدوات يدوية. ويستطيع فنى التشغيل استخدام قضيبين متصليْن بالذراع التلسكوبية لتشغيل الأداة – العبد. كما يستطيعون أداء عمليات معقدة جدًّا بمنتهى التحكم، وكأن هذه الأدوات فى أيديهم بالفعل.

القياس عن بُعد

القياس عن بُعد هو عملية إرسال أو تبادل البيانات عن طريق كابل سلكى أو موجة لاسلكى إلى جهاز آخر على بُعد مسافة ما. والقياس عن بُعد جعل من الممكن استقبال المعلومات العلمية من مسبارات الفضاء المرسلة إلى مسافات بعيدة داخل المجموعة الشمسية، وللتحكم فيها وإعادة برمجتها عن بُعد.

وعلى الرغم من أن بعض أجهزة القياس عن بُعد (وتسمى مقياس البُعد) تتحرك، مثل تلك الموجودة على الأقمار الصناعية، فإن معظمها موجود فى مواقع محددة. وهى تستخدم لأخذ القياسات أتوماتيكيًّا، مثل حجم الجهد الكهربائى (الفولت)، والضغط الجوى أو المائى، أودرجة الحرارة. وتُرسل النتائج عن طريق سلك مباشر أو اتصال بموجة لاسلكى لمحطة استقبال يمكن أن تكون فى أى مكان على مسافة تتراوح بين بضع أقدام وآلاف الكيلومترات.

ويتكون النظام الأساسى للقياس عن بُعد من كاشف أساسى (يُسمى اللاقط)، ونظام إرسال، ونظام استقبال، وأداة لإظهار النتائج. وقد تكون أداة إظهار النتائج جهازًا لعرض البيانات أو لتسجيلها أو للعرض والتسجيل معًا. وتختلف تفاصيل تصميمات جهاز مقياس البُعد وفقًا للغرض منها.

الأجهزة الأولى للقياس عن بُعد

صدرت إحدى براءات الاختراع الأولى لأجهزة القياس عن بُعد فى الولايات المتحدة عام 1885. وقد استُخدم أول أجهزة القياس عن بُعد فى شركات الكهرباء لقياس الجهد الكهربائى وتيارات الكهرباء المستخدمة فى شبكات التوزيع الخاصة بهذه الشركات. وأُرسلت المعلومات الكهربائية من لاقطات مقياس البُعد عن طريق أسلاك أرضية مباشرة، تسمى خطوط المُرشِد، إلى غُرف التحكم فى الكهرباء. وبعد الحرب العالمية الأولى (1914-1918)، أصبحت الإشارات تُنقل عبر خطوط الطاقة ذاتها.

مقياس البُعد الكهربائى

مقياس البُعد الكهربائى هو أحد أشكال القياس عن بُعد. ومن أشكاله البسيطة نوع يستخدم كثيرًا فى أجهزة ثابتة للقياس عن بُعد، مثل تلك الأجهزة الأولى التى كانت شركات الكهرباء تستخدمها لفحص إمداداتها من القوى. ويتم توصيل اللاقطات،

مثل أجهزة قياس الجهد الكهربائى (الفولتاميتر)، وأجهزة قياس شدة التيار (الأميتر)، بأسلاك منفردة إلى غرف التحكم المركزى؛ حيث يتم فرز كل القياسات وترتيبها. وهذا النظام يجعل من السهل إجراء فحص مستمر لما يحدث فى كل مكان من شبكة توزيع الكهرباء.

ويعمل مقياس البُعد الكهربائى البسيط بكفاءة فى المسافات القصيرة؛ حيث لا حاجة إلا لعدد قليل من القياسات المنفردة. ولأن كل لاقط يحتاج دائرته الخاصة، فمن المكلف للغاية وضع عدد كبير من الدوائر على المسافات الطويلة.

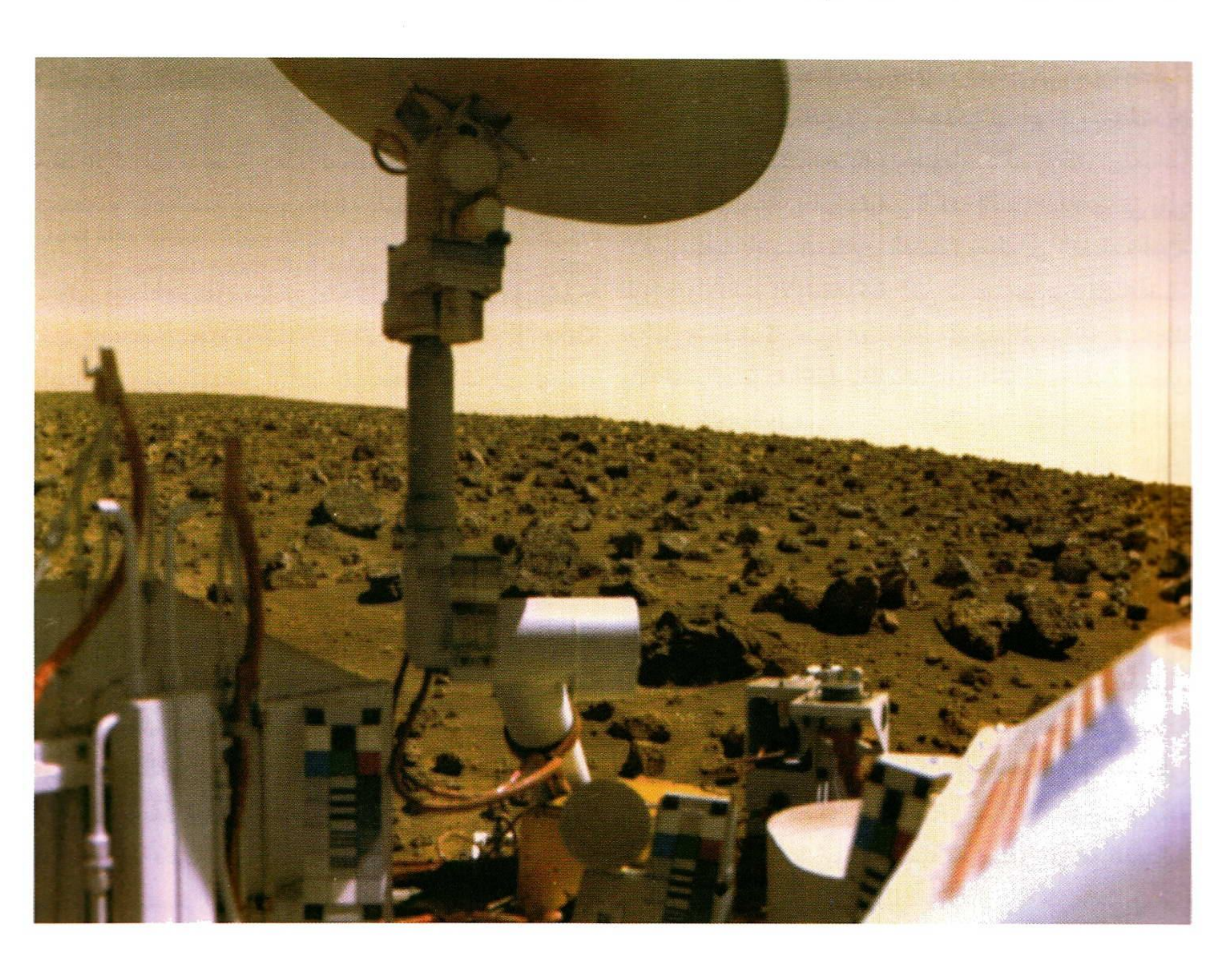
وهناك نوع آخر من مقياس البعد الكهربائى يستخدم أجهزة تنتج نبضات كهربائية. وبدلاً من إرسال إشارة كهربائية مباشرة كتلك التى ينتجها اللاقط، يتم تحويل الإشارة إلى نبضات شفرية. وسرعة هذه النبضات تكون بالقياس إلى الكمية التى يقيسها باللاقط. وتُرسَل النبضات إلى أجهزة الاستقبال التى تقوم بفك شفرة النبضات لإظهار القياسات. ويُسمَى هذا مقياس بُعد مُعَدِّل النبض.

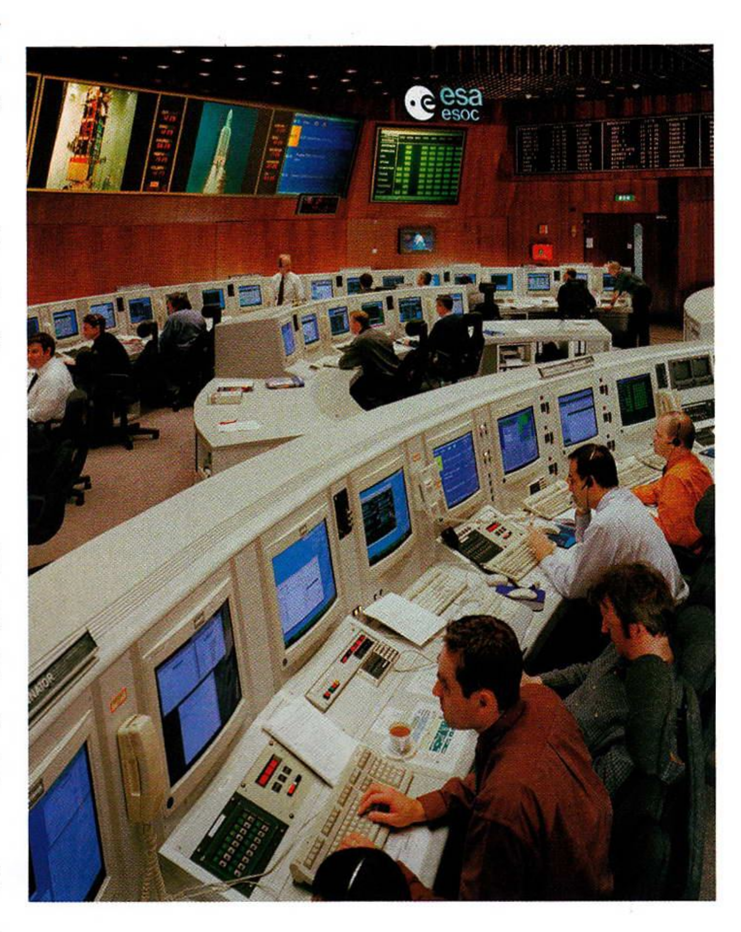
وهناك نوع آخر يستخدم الفكرة ذاتها هو مقياس بُعد طول النبضة. وفى هذه الحالة، فإن طول النبضة وليس معدلها، هو الذى يتناسب مع القياس.

مقياس البعد متعدد الإرسال

المقياس عن بعد المتعدد الإرسال هو شكل متقدم من مقياس البعد يتيح إرسال العديد من القياسات المختلفة أو إشارات البيانات من خلال دائرة كهربية واحدة، ومن ثم يوفر الدوائر الكهربية الباهظة التكلفة. ولكن، لكى يعمل مثل هذا النظام، لابد أن

▼ يظهر فى هذه الصورة المسبار الفضائى فايكنج 2 Viking II على كوكب المريخ. وقد مكنت أنظمة مقياس البُعد المسبار من إرسال بيانات من المجسَّات (أجهزة التحسس) العلمية الموجودة على ظهره إلى مركز التحكم فى الأرض.





◄ هذه صورة لمركز عمليات الفضاء الأوروبى، وهو محور العديد من شبكات مقياس البعد التى تصل مركبات الفضاء الأوروبية بالأرض.

تُحفظ الإشارات منفصلة. وهذه العملية تسمى «توحيد الإرسال المتعدد». وهناك أنظمة إرسال مختلفة للمقياس عن بعد المتعدد الإرسال.

وفى هذا الجهاز نظام ميقاتى تعددى يقوم بفحص كل إشارة، ليتم إرسالها بنظام محدد، ويرسلها بهذا النظام إلى محطة الاستقبال. ويقوم المُستقبِل أو الريسيفر بفحص الإشارات الواردة، ويرسل كل مجموعة من النبضات إلى المؤشر الصحيح أو أداة التسجيل. وكلا الطرفين، الإرسال والاستقبال، فى هذا النظام يعمل فى الوقت ذاته تمامًا عن طريق نبضة خاصة تعمل كإشارة قبل كل دورة فحص. وأنظمة الإرسال المضاعف الميقاتية قد تستخدم إما نظام مُعدِّل النبض، وإما نظام طول النبضة.

مقياس البُعد اللاسلكى

يمكن إرسال إشارات مقياس البعد بواسطة موجات اللاسلكى، كما يمكن إرسالها عن طريق الأسلاك. وإشارات اللاسلكى أو الراديو تكون معدلة، أى أنها تتغير بإشارة موجة حاملة فرعية تحمل البيانات. وقد تكون الموجة الحاملة الفرعية قناة بيانات واحدة، أو نظامًا ميقاتيًّا متعدد الإرسال.

وفى الغالب، تُستخدم موجة الراديو المسماة FM (أى موجة تعديل ترددى)، لتغيير إشارات اللاسلكى، وقد يتم تعديل إشارة الموجة الحاملة بمجموعة من الموجات الحاملة الفرعية، لكل منها تردد مختلف.

الاستخدامات العملية

مقياس البُعد له استخدامات كثيرة عملية وعلمية فى العالم الحديث، فبالإضافة إلى استخدامه الطويل المدى فى تشغيل إمدادات الكهرباء، فهو يُستخدم أيضًا فى شبكات الإمداد الأخرى، مثل أنابيب الغاز، والبترول، والمياه. ويمكن التحكم فى معدلات التدفق والضغط داخل جميع الأنابيب بالإشارات القادمة من عدد قليل من محطات مقياس البعد.

وتُستخدم مجموعة من أنواع مختلفة من مقياس البُعد متعدد الإرسال، وأشكال مختلفة من تغيير الإشارات فى أجهزة متطورة جدًّا لتقديم وصلات لمقاييس بُعد لاسلكية لها أغراض معينة، مثل أنظمة مراقبة القذائف الحربية وتوجيهها.

ومن أهم استخدامات مقياس البُعد، إرسال البيانات من وإلى الأقمار الصناعية، ومسبارات الفضاء، ومركبات الفضاء الحاملة للرواد. والأنظمة الأوتوماتيكية التى تستخدمها مركبات الفضاء ترسل وتستقبل البيانات الخاصة بوضع المركبة فى مسارها، والأنظمة الهندسية، كما تنقل معلومات حول معدلات النبض والتنفس لرواد الفضاء.

إن الأقمار الصناعية، ومسبارات الفضاء، وغيرها من مركبات الفضاء ترسل البيانات التى تغطى مجالاً واسعًا من الموضوعات، كلٌّ حسب اختصاصه. وإلى جانب اللاقطات التى تقوم بتشغيل الأنظمة على المركبات ذاتها (مثل الإمداد بالوقود)، تحمل الأقمار الصناعية ومسبارات الفضاء آلات لجمع المعلومات حول أشياء مثل الإشعاع، والحقول المغناطيسية، وموارد الأرض. وهذه المعلومات يعاد إرسالها من خلال وصلات مقياس البعد اللاسلكى إلى محطات المتابعة على الأرض. وتقوم المحطات الأرضية أيضًا، باستخدام هذه الوصلات الخاصة بمقياس البُعد، بالتحكم فى المركبة الفضائية وإعادة برمجتها.

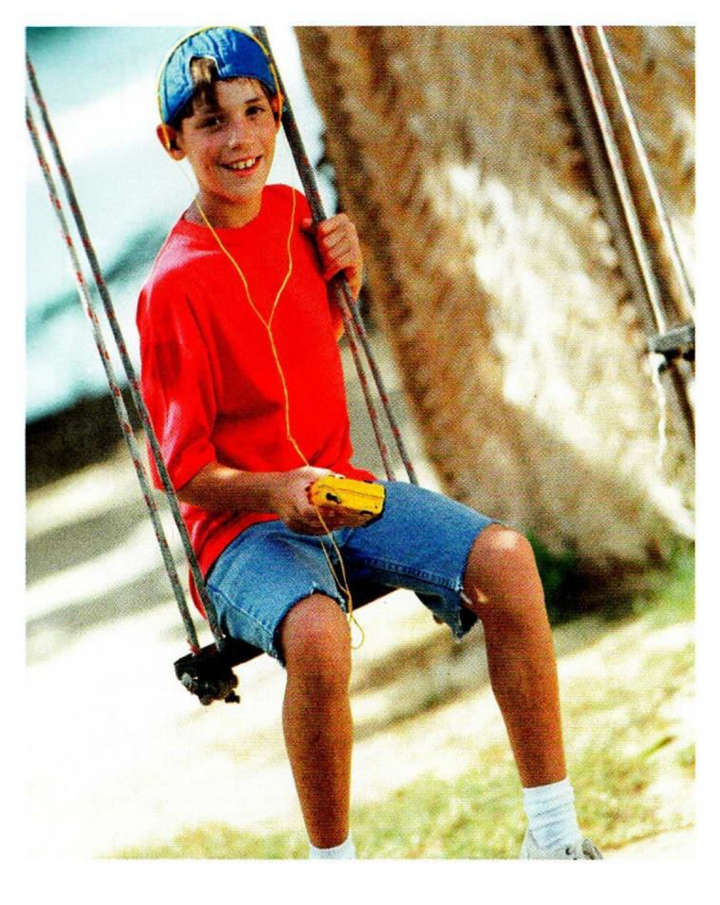
التخزين المغناطيسى

يمكن باستخدام الخواص المغناطيسية تسجيل الإشارات والمعلومات على شريط بلاستيكى مغطى بطبقة ممغنطة. يستخدم التخزين المغناطيسى لتسجيل الصوت، والصور المتحركة، وفى ستوديوهات البث (الإرسال)، والبيوت. وفى الصناعة وقطاع الأعمال، فإنه يستخدم لتخزين برامج الكمبيوتر والبيانات.

بدأ التسجيل على الأشرطة بجهاز يسمى «بالتليجرافون». قام بصنعه المخترع الدانمركى فالديمار باولسن (1869-1942) فى عام 1898، حيث قام بتخزين بيانات كهربائية على ملف من سلك بيانو ممغنط ، ولكن كانت الآلة، وسلك التسجيل المصنوع من الصلب غير مريحين فى الاستخدام، بالإضافة إلى صعوبة تخزين المعلومات بشكل سليم. وفى عام 1928، قام المهندس الألمانى فريتز بفلويمر (1881-1945) بصنع شريط ورقى مغطى ببرادة حديد ممغنطة، وفى عام 1932، تم إنتاج الشريط البلاستيكى الممغنط.

يتكون الشريط الممغنط الحديث، من طبقة رقيقة من مادة مغناطيسية ملتصقة بقاعدة من البلاستيك. وتتكون المادة من أحد أكاسيد الحديد، أو الكوبالت أو الكروم أو خليط من هذه الأكاسيد. يُستخدم أكسيد الحديد الأحمر المائل للبنى (Fe_2O_3) على نطاق واسع. أما الشريط المستخدم، فيصنع من البوليستر. تخلط المادة المغناطيسية مع مادة لاصقة حتى تبقى ملتصقة بالشريط. ويجرى استخدام مواد خلات الفينايل والسليلوز بشكل واسع لهذا الغرض.

يبلغ سمك الشريط المغناطيسى فى العادة 0.05 من الملليمتر، ويختلف عرض الشريط تبعًا للغرض المستخدم من أجله، و يبلغ أقل عرض للشريط 3.8 من الملليمتر، ويستخدم لكاسيتات الدكتافون (جهاز التسجيل الصغير). كما يبلغ عرض أعرض شريط 51 ملليمترًا، ويستخدم فى تسجيلات الصوت، والصور المتحركة فى الإذاعة والتليفزيون.

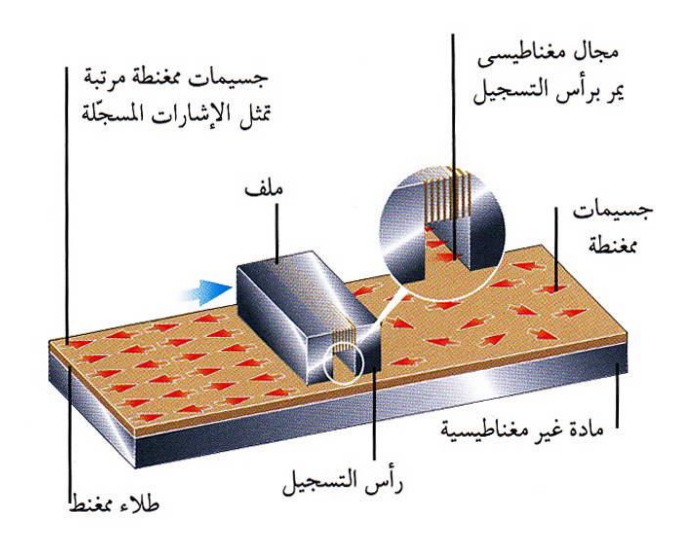


▲ صبى يستمع للموسيقى بواسطة مسجل كاسيت شخصى. لقد أتاحت الكاسيتات المغناطيسية الفرصة لجعل التسجيلات الصوتية قابلة للحمل، والتنقل؛ مما أحدث ثورة فى صناعة أدوات الترفيه الشخصى. حلت حاليًّا الأسطوانات المدمجة (سى دى)، صغيرة الحجم وأسلوب التسجيل بطريقة «إم. بى.ثرى»، محل مسجلات الصوت ذات الكاسيتات.

الأشرطة المعلبة (الكاسيتات)

ظهرت الأنواع الأولى من شرائط الكاسيت فى بداية الستينيات من القرن العشرين. وتتكون هذه الكاسيتات من علبة بلاستيكية مسطحة تحوى شريط التسجيل المغناطيسى، الذى يجرى بين بكرتين. تحافظ عجلات صغيرة، ومُوجهة على ضبط مكان الشريط على الحافة الأمامية للكاسيت، فى حين تسمح الفتحات بتلامس الشريط مع رأس التسجيل، والتشغيل فى جهاز التسجيل.

وتتميز الكاسيتات بأنها سهلة الاستخدام؛ حيث لايلزم تمرير الشريط من خلال رؤوس التسجيل كما هي الحال فى أجهزة التسجيل التى تستخدم طريقة تمرير الشريط من بَكرة إلى أخرى، ولها شرائط عريضة لعمل تسجيلات عالية الكفاءة. يضاف إلى ذلك أن الكاسيت يمكن إيقافه وإخراجه فى أى وقت، كذلك



▲ **رسم يوضح نظام التسجيل المغناطيسى. تتحرك رأس التسجيل بسرعة محددة بالنسبة إلي سطح المادة المسجل عليها (وسط التسجيل)، وتنتقل التغيرات فى الإشارة إلى الملف الموجود فى رأس التسجيل، وتسجل على شكل تغيرات فى شدة المجال المغناطيسى على سطح وسط التسجيل.**

تَحفظ العلبة الشريط من التراب ومن التلف.

تشمل المزايا الأخرى، صغر الحجم، وطول وقت التسجيل. كما لايحتاج الشريط إلى لمسه باليد؛ لذا يمكن تصنيعه فى شكل رقيق جدًا، كما يمكن استيعاب أطوال كبيرة منه فى حيز أصغر.

يجرى الشريط فى معظم الأجهزة فى اتجاه معين، ثم يقلب لتشغيل النصف الآخر. أما ترميز الشرائط برموز مثل سى 60، وسى 90، فيشير إلى إجمالى مدة أداء الشريط بالدقيقة. ويمكن شراء الكاسيتات فارغة لاستعمالها فى التسجيل أو مسجلاً عليها موسيقى أو أية مواد ترفيهية أخرى.

وضع الصوت على الشريط

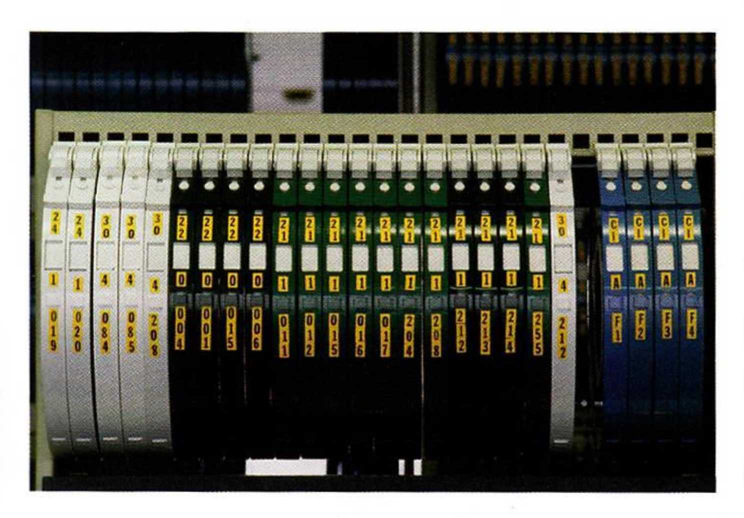
رأس التسجيل عبارة عن مغناطيس كهربائى. وينشأ مجال مغناطيسى حول أحد الأسلاك عندما يمر تيار كهربائى فيه. ويُلف سلك فى رأس التسجيل حول قطعة من الحديد منحنية على شكل دائرة، يكاد طرفاها أن يتلامسا، وهذه الفجوة الدقيقة هى رأس التسجيل.

تُرسل الإشارة المراد تسجيلها، كإشارة كهربائية. وتولد الإشارة مجالاً مغناطيسيًا عبر الفجوة الدقيقة فى رأس التسجيل، فيلتقط جزء الشريط الذى يلامس الفجوة الدقيقة هذه النبضات المغناطيسية. فى البداية يكون الشريط عديم المغنطة تمامًا، ويكون ترتيب جسيمات الحديد أو الكروم الملتصقة عشوائيًا، لكن مع مرور الشريط عبر رأس التسجيل بالسرعة العادية، تقوم هذه الإشارات المغناطيسية الواردة من رأس التسجيل بمغنطة الجسيمات على الشريط على شكل مجالات مغناطيسية دقيقة متعددة. بذا يصبح الشريط حاويًا لأشكال النبضات «مطبوعة» عليه، وهى تماثل الأشكال الصوتية للإشارة الأصلية.

يوجد رأس ماح فى كل مسجلات الشرائط، لإعادة استخدام الشرائط، تقوم هذه الرؤوس بمحو المغنطة، وبذا يصبح الشريط جاهزًا للتسجيل التالى. يوضع الرأس الماحي أمام رأس التسجيل لضمان أن يتم التسجيل الجديد على شريط نظيف بواسطة رأس التسجيل. ولا، يعمل الرأس الماحي إلا أثناء التسجيل، وليس فى أثناء الاستماع.

الاستماع

للاستماع إلى تسجيل على شريط مغناطيسى، تتم كل الخطوات التى جرت أثناء تسجيل الصوت، ولكن فى ترتيب معكوس. فيعاد تشغيل الشريط حين يلامس رأس التسجيل (والذى أصبح الآن رأس إعادة التشغيل) بالسرعة ذاتها التى تم بها التسجيل، فتولد الأنماط المغناطيسية على الشريط إشارات كهربائية متغيرة فى الرأس، تتماثل مع الإشارات الأصلية التى تولدت عن الأشكال الصوتية المسجلة. ثم يتم تكبير الإشارات الكهربائية الصادرة من الرأس، ثم تذهب إلى مكبرات الصوت.



▲ **تستخدم هذه اللفائف من الشرائط المغناطيسية، فى تخزين بيانات الحاسب الآلى. هذه الشرائط رخيصة الثمن، ويمكن تخزين عدة مئات من الميجابايتات من البيانات على كل واحدة منها. وعلى عكس الأسطوانات المستخدمة فى الحاسبات، فهى لاتسمح بالحصول على المعلومات فوريًا. فلابد من إدارة الشريط للوصول إلى الموضع الذى توجد به المعلومات المطلوبة.**

كاسيتات الفيديو

تستخدم أجهزة الفيديو سواء المنزلية، أو الاحترافية، الشرائط المغناطيسية؛ وتعمل إلى حد كبير بالطريقة ذاتها المستخدمة فى المسجلات الصوتية؛ حيث يتم تشفير الصورة على شكل سلسلة من النبضات الإلكترونية التى تخزن على شريط مغناطيسى فى أثناء انطلاقها من رأس التسجيل. لكن تسجيل الصور أكثر تعقيدًا بكثير من تسجيل الصوت؛ لأن الصورة الواحدة تحوى تفاصيل تزيد بعدة آلاف من المرات عن الصوت، وتكون الصورة غير واضحة إذا حدث وفقدت أية تفاصيل.

من وسائل وضع كل التفاصيل على الشريط، تحريك الشريط بسرعة فى أثناء مروره أمام رأس التسجيل، وهذا يعنى أن برنامجًا قصيرًا سيحتاج إلى أطوال كبيرة من الشريط؛ لذا تم ابتكار طرق أخرى لوضع كم أكبر من المعلومات على شريط الفيديو.

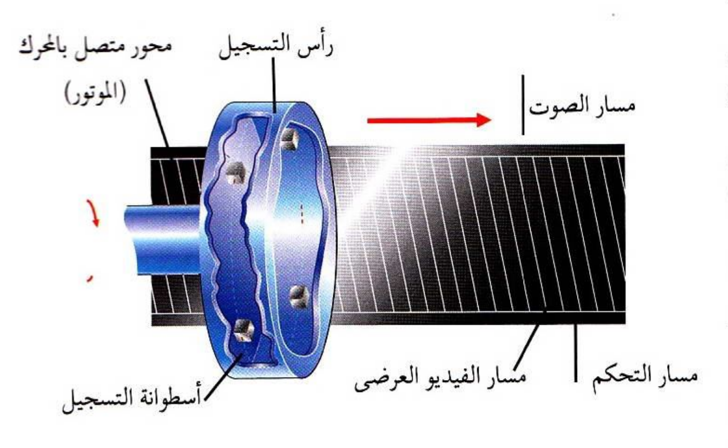
إن مسجلات الفيديو فى الاستوديوهات (فى تى آر) التى تعمل بطريقة «من لفة إلى لفة»، تستخدم نظامًا يسمى بالتسجيل العرضى. يتم التسجيل العرضى باستخدام أربعة رؤوس تسجيل دوارة تتحرك بعرض الشريط، وتسجل الإشارات على هيئة مسار متعرج فى أثناء تحرك الشريط إلى الأمام. ويتيح هذا النظام تخزين كم أكبر من المعلومات على الشريط.

أما الطرق الأخرى لتسجيل الفيديو، بما فيها مسجلات الفيديو المنزلية (فى سى آر)، فتستخدم طريقة التسجيل الحلزونى. وتثبت رؤوس التسجيل فى هذا النظام على أسطوانة تدور بسرعة عالية. ويتحرك الشريط ببطء حول الأسطوانة الدوارة بشكل حلزونى. وتدور الأسطوانة الدوارة بحيث تتحرك الرؤوس المغناطيسية بشكل متكرر عبر جزء الشريط الذى يمر حول الأسطوانة الدوارة. لذلك ليس من الضرورى تحرك الشريط بسرعة كبيرة مع مرور الرأس نفسه عبر الشريط، مما يحل مشكلة استخدام كميات كبيرة من الشريط. ولتحاشى تسجيل جزء من المعلومات فوق تسجيل آخر، تثبت الأسطوانة الدوارة بزاوية معينة؛ فيسجل بذلك كل رأس من الرؤوس إشارته على الشريط فى خانة مغناطيسية منفردة، تجرى بشكل مائل عبر الشريط من حافة إلى أخرى.

أسطوانات الكمبيوتر

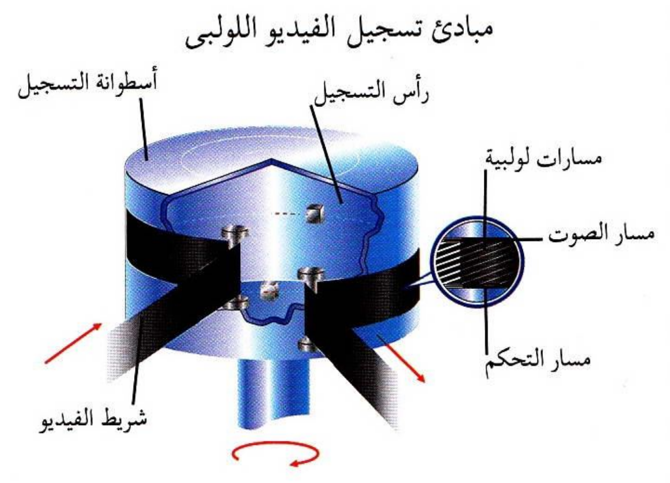
تقوم الأسطوانات الصلبة الخاصة بالكمبيوتر، والأسطوانات المرنة أيضًا، بتخزين المعلومات بطريقة لاتختلف كثيرًا عن شريط

مبادىء تسجيل الفيديو العرضى



▲ التسجيل العرضى يستخدم أربعة رءوس تسجيل تلف بالزوايا الصحيحة فى اتجاه شريط الفيديو. وتُسجل المسارات (التراكات) على عرض الشريط. ولأن الشريط يتحرك باستمرار، فإن كل مسار يكون مائلاً ميلاً خفيفًا.

مبادئ تسجيل الفيديو اللولبى



▲ التسجيل الحلزونى يستخدم رأسين فقط، يتحركان بزوايا تختلف قليلاً عن اتجاه حركة شريط الفيديو. ولهذا فإن المسارات تسجل بخط أفقى مائل عبر الشريط، وهو ما يتيح تسجيل معلومات أكثر عليه.

الكاسيت. فتستخدم كل من أسطوانات الحاسب، وشرائط الكاسيت تقنيات التسجيل المغناطيسى ذاتها، ولكن تُشكل مادة التسجيل بالنسبة للأسطوانات على هيئة أسطوانات، وليس على شكل شريط طويل رفيع.

لقد تم ابتكار الأسطوانات الصلبة فى الخمسينيات من القرن العشرين، وفيها توضع مادة التسجيل المغناطيسية على هيئة طبقة على ترس ألومينيوم أو زجاج عالى الدقة. أما الأسطوانات المرنة، فقد تم ابتكارها عام 1967، وتصنع الأسطوانات من مادة بلاستيكية. وسميت الأسطوانات الأصلية بالمرنة؛ لأنها كانت توضع داخل

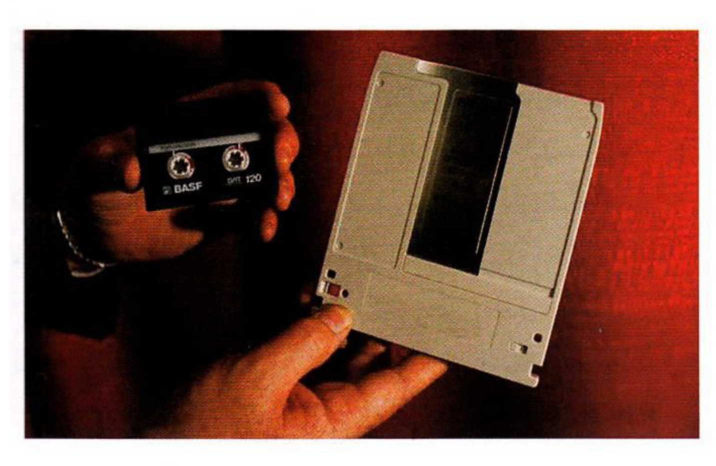
مظروفات من البلاستيك المرن خلافًا للعلب الصلبة الأكثر حداثة.

إن الفائدة العظمى للأسطوانات هى أنه بإمكان مشغل الأسطوانات، التحرك نحو أية نقطة على سطح القرص لحظيًّا تقريبًا، متيحًا بذلك ما يسمى بالوصول المباشر للمادة المسجلة. إذ يدور القرص وتتحرك الرؤوس نحو المسار الصحيح. أما بالنسبة إلى الشريط فيلزم لفه إلى الأمام أو إلى الخلف للوصول إلى نقطة معينة. أيضًا تلمس الرؤوس الشريط مباشرة فى مشغل الكاسيت، أما فى الأسطوانات «فتطير» الرؤوس فوق الأسطوانات ولا تلامسها أبدًا. يجرى ترتيب المسارات على أسطوانة الكمبيوتر على شكل دوائر مركزية؛ لذا يمكن للبرنامج أن يقفز مثلاً من ملف (1) إلى ملف (19)، دون ضرورة المرور بالملفات مابين (2) و(18). وتحفظ المعلومات على قرص الكمبيوتر داخل مناطق مغناطيسية صغيرة جدًّا، مقارنة بتلك على شريط الكاسيت. وقد أمكن تحقيق هذه الأحجام الصغيرة للمناطق المغناطيسية؛ نظرًا إلى تصنيع الأسطوانات بدقة عالية جدًّا؛ ونظرًا إلى سرعة الوسط الكبيرة. وتحفظ البيانات على الحاسب أيضًا بطريقة رقمية على شكل سلاسل من الوحدات الثنائية أو «بيت» (أى مكونة من واحد وصفر). نظرًا إلى هذه الفروق، فإن باستطاعة الأسطوانة الصلبة الحديثة الاحتفاظ بكمية مدهشة من المعلومات فى حيز ضئيل.

الكاسيتات الرقمية

تستخدم الكمبيوترات الأشرطة المغناطيسية لحفظ البيانات. ويمكن للبكرات الكبيرة والكاسيتات الاحتفاظ بقدر أكبر من المعلومات، مقارنة بالأسطوانات. وهى تُستخدم للحفظ الاحتياطى للمعلومات وملفات الكمبيوتر.

ويتيح التسجيل الرقمى نوعية أفضل من الصوت والصورة، مقارنة بطرق التسجيل التماثلية. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التسجيلات الرقمية لديها مناعة ضد الشوشرة والتشوهات التى تصيب التسجيلات التماثلية. وظهرت الشرائط الصوتية الرقمية لتسجيل الصوت رقميًّا، فى أواخر الثمانينيات من القرن العشرين. وفى التسعينيات من القرن العشرين، ظهرت الكاسيتات الرقمية المضغوطة، وهى تتشابه مع الشرائط الصوتية الرقمية، إلا أن حجمها لا يختلف عن حجم الكاسيتات العادية. بإمكان الآلات التى تشغل الكاسيتات الرقمية المضغوطة، تشغيل الكاسيتات القديمة أيضًا. كذلك فإن بعض أشرطة الفيديو مصممة



▲ **تظهر الصورة الشريط الصوتى الرقمى على اليسار مقارنة بالأسطوانة الضوئية المغناطيسية. إن الأسطوانات الضوئية المغناطيسية هى ابتكار حديث فى مجال تخزين المعلومات مغناطيسيًا.**

لتسجيل المعلومات الرقمية. والنوعان الأكثر انتشارًا من كاميرات الفيديو هما «مينى دى ف» و«ديجيتال 8».

تُحول الأجهزة السمعية والبصرية الإشارات التماثلية الصوتية وإشارات الفيديو إلى بيانات رقمية، بواسطة معالج دقيق (مايكروبروسسور). كذلك يمكن إعادة تحويل البيانات الرقمية إلى بيانات تماثلية يمكن تشغيلها بواسطة الأجهزة الصوتية التقليدية.

الأسطوانات الضوئية المغناطيسية

تمثل الأسطوانات الضوئية المغناطيسية أحدث ابتكار فى مجال تخزين المعلومات مغناطيسيًّا. ويستخدم الحفظ الضوئى المغناطيسى النظم المغناطيسية والضوئية معًا، كما فى الأسطوانات المدمجة (سى دى). تكمن إحدى مشكلات النظم المغناطيسية الأخرى لحفظ المعلومات التى تقوم جميعها بتسجيل المعلومات عند درجات الحرارة العادية، فى تشويه التسجيلات بتأثير المجالات المغناطيسية القوية، مع احتمال فقدان البيانات المحفوظة بها. وتزداد القابلية للتشوه مع ارتفاع درجة الحرارة. أما الأسطوانات الضوئية المغناطيسية فتستخدم وسطًا للتسجيل يظل محتفظًا بثباته المغناطيسى عند درجات حرارة أعلى. لذا يتم عمل التسجيلات على هذه الأسطوانات الضوئية المغناطيسية عند درجات حرارة عالية. وباستخدام أشعة الليزر التى تقوم بتسخين الجزء الذى يتم عليه التسجيل بواسطة رأس التسجيل. ومتى تحرك شعاع الليزر بعيدًا عن هذا الجزء يبرد بسرعة. بذلك تقاوم البيانات بشدة أى تغير فى المجالات المغناطيسية.

التربة

التربة هى طبقة رقيقة تتكون من مواد مفككة تغطى معظم سطح الأرض. وهى تختزن بداخلها الحرارة والغذاء والماء للنباتات؛ ولذلك تعد التربة من أهم الموارد الطبيعية للأرض. ومن دون التربة لن تنمو النباتات وَسَتهْلَك الحيوانات التى تعتمد فى غذائها على النبات.

تتكون بعض أنواع التربة من أجزاء مفككة، تفتت فى مكان ما، ثم انتقلت بفعل قوى الطبيعة وأُودعت فى مكان آخر. وتتكون أنواع أخرى من أجزاء مفتتة من صخور القاعدة (وهى طبقات صخرية عميقة تشكل الأساس للقشرة الأرضية)، تعرف هذه العملية بالتجوية (أثر العوامل الجوية فى تفتيت الصخور) وهى تحدث طول الوقت؛ ولذلك فإن تركيب التربة فى حالة تغير دائم.

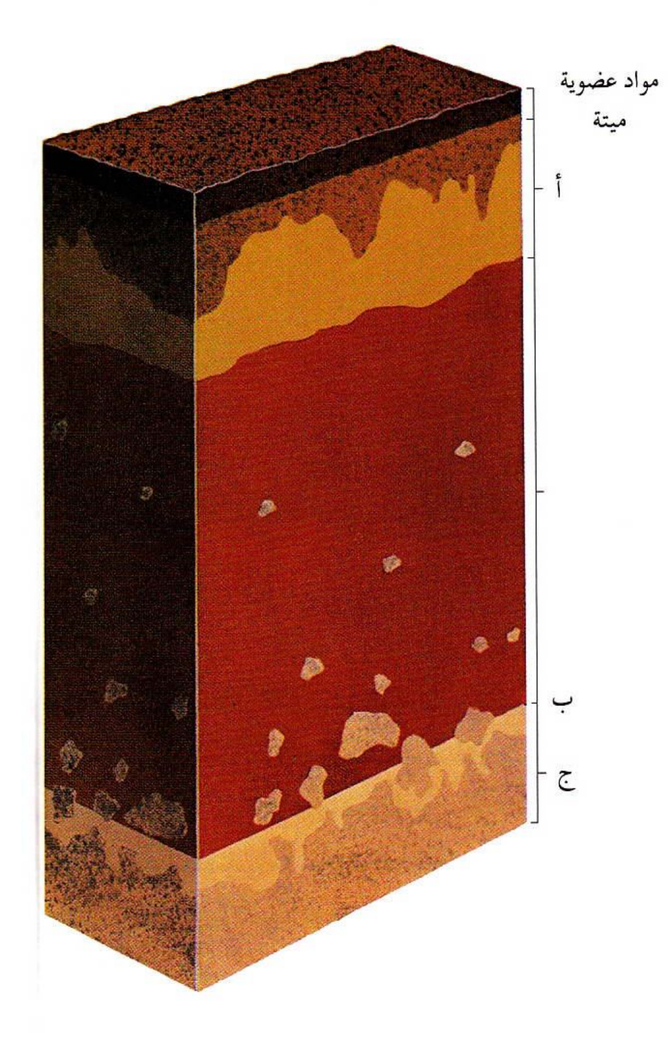
وتتكون معظم أنواع التربة من كميات متنوعة من المواد العضوية، بما فى ذلك بقايا النباتات والحيوانات الميتة، وفضلات الحيوان. وتتحلل كل هذه المواد لتكوِّن مادة لزجة تسمى الدُّبال. ويساعد الدُّبال على تماسك التربة وبقائها رطبة. كما يمد النباتات بالمواد الغذائية. وعادة ما تكون التربة الغنية بالدُّبال داكنة اللون.

وتبدو التربة للوهلة الأولى صلبة، لكن 40 فى المائة من حجمها الكلى يتكون من الهواء والماء اللذيْن يملآن الفراغات بين حبيباتها. لذلك فالتربة مسامية التكوين (يمر الماء من خلالها).

وتمثل التربة بيئة للعديد من الكائنات الحية، حيث تعيش عشرات الملايين من هذه الكائنات فى كل متر مكعب من التربة. وتتعدد أنواع هذه الكائنات الحية بدءًا من المخلوقات المجهرية كالبكتريا والفطريات وحتى ديدان الأرض والحيوانات الحفَّارة (التى تعيش فى جحور). وتقوم البكتريا والفطريات بتحليل الكائنات الميتة وتحويلها إلى دُبال، أما عملية الحفر التى تقوم بها ديدان الأرض والحيوانات الحفَّارة، فتساعد على تهوية التربة.



◄ يأخذ العلماء عينات التربة الجوفية من حقل بالقرب من منطقة فورت كولينز بولاية كولورادو الأمريكية. وتوفر العينات الجوفية معلومات حول طبقات التربة وخصائصها الطبيعية والكيميائية.



◄ الترابات الجيدة مثل هذه التربة من منطقة معتدلة ممطرة، تتكون من ثلاثة مستويات أفقية: يحتوى المستوى أ على مواد عضوية، والمستوى ب يحتوى على صخور مفتتة بفعل عوامل التعرية ومواد متسربة (مرتشحة) من المستوى أ. والمستوى ج يندمج مع الصخرة الأم (صخر الأساس للقشرة الأرضية).

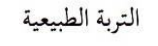
مستويات التربة

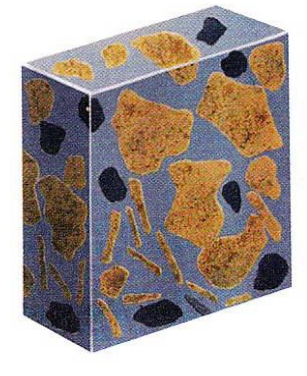
على الرغم من أن بعض أنواع التربة فى البلاد الحارة يصل عمقها إلى 12 مترًا، إلا أن أغلب أنواع التربة لا يزيد عمقها عن بضعة أقدام. ويُظهر قطاع من التربة يُسمى بالمقطع الجانبى أن معظم أنواع التربة تحتوى على ثلاث طبقات يُطلق عليها المستويات الأفقية أ، ب، ج. ويتنوع سُمْك هذه المستويات من تربة إلى أخرى.

ويحتوى المستوى الأول، أ، على معظم المواد العضوية ومعظم الكائنات الحية التى تعيش فى التربة. ومع ذلك، ففى المناطق المطيرة تُذِيبُ مياه الأمطار المواد العضوية المغذية من المستوى الأفقى أ فى عملية يطلق عليها الترشيح. وإذا نضب الغذاء من المستوى أ، فلن يستطيع أن يمد هذه المجموعات المتنوعة من الكائنات الحية بالغذاء.

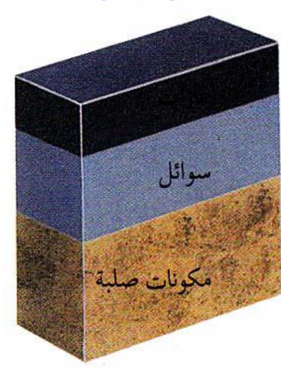
وغالبًا ما تترك مياه الأمطار التى تتسرب عبر المستوى الأفقى أ بعض هذه المواد المغذية فى المستوى الأفقى الأوسط ب. وعندما يُرَشَّح المستوى أ، ويكون المستوى ب أغنى بالمواد المغذية للنبات، فلابد للمزارعين أن يحرثوا الأرض حرثًا عميقًا ليخلطوا الطبقتَيْن.

ويُطلق على الطبقة السفلى من التربة المستوى الأفقى ج، وتعرف أيضًا بالتربة التحتية. وهذه الطبقة تحتوى على الصخور التى بدأت فى التحلل والاندماج مع صخور الأساس الصلبة للقشرة الأرضية.





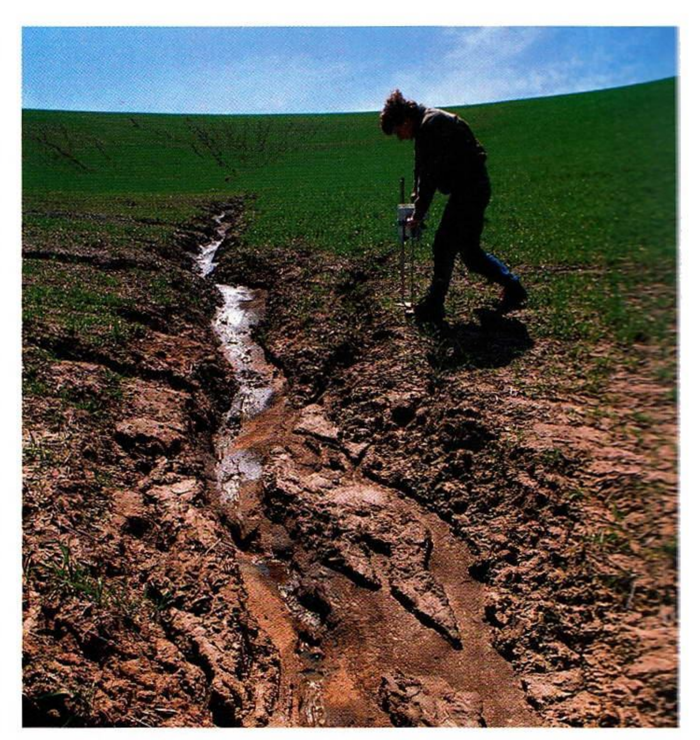
مكونات التربة



◄ تتكون الترابات المختلفة من ثلاثة أنواع من المواد: جزيئات صلبة ومواد سائلة وغازية. الجزيئات الصلبة هى غالبًا جزيئات صخرية متفتتة نتيجة لعوامل التعرية، وتكون هذه الجزيئات أكثر نعومة بالقرب من السطح. وتحتوى الطبقة العلوية فى معظم الترابات أيضًا على مواد عضوية تسمى الدُبال، والتى تتكون من بقايا متحللة من نباتات وحيوانات ميتة. والسائل فى التربة هو الماء، والغاز هو الهواء، ويهتم المهندسون بمعرفة مدى تحمل التربة فى مواقع البناء، فيقومون بتحليل الترابات لمعرفة نسب المواد الصلبة والسائلة والغازية فيها.

خصوبة التربة

تحتوى التربة الخصبة على العناصر الكيميائية التى تساعد على استمرار الحياة، وبعض هذه العناصر يكون الاحتياج إليها بكميات كبيرة نسبيًا، ومنها الكالسيوم والكربون والهيدروجين والحديد والماغنسيوم والنيتروجين والأكسجين والفوسفور والصوديوم والكبريت. وبعض العناصر الأخرى يكون الاحتياج إليها بكميات ضئيلة، وتشمل البورون والنحاس واليود والمنجنيز والزنك. وتأتى بعض هذه العناصر من الهواء مثل الغازات، وبعضها يأتى من الماء



▲ صورة توضح تآكلاً شديدًا للتربة فى حقل قمح.

الموجود بالتربة. والبعض يأتى من الدُّبال، والبعض الآخر يأتى من تفتت صخر الأساس.

وفلاحة قطعة من الأرض من دون استخدام المخصبات، يُعرِّض التربة لفقدان المواد المغذية فى وقت قصير، كما تتناقص خصوبة التربة أيضًا بالترشيح، ومعظم المناطق المطيرة تربتها أقل خصوبة وأكثر حمضية من الأقاليم الجافة.

التربة والمناخ

يلعب المناخ دورًا كبيرًا فى تشكيل مختلف أنواع التربة. فهو يؤثر على معدل تأثر الصخور بعوامل التعرية، وعلى كمية المياه الموجودة فى التربة، وعلى درجة الحرارة التى يمكن أن تساعد على سرعة أو بطء التغيرات الكيميائية. والمناخ يؤثر أيضًا فى التربة من خلال تأثيره فى النباتات، حيث يحدد المناخ نوعية النباتات التى تنمو فى منطقة معينة، ويؤثر أيضًا وبشكل كبير فى التربة التى تنمو فيها هذه النباتات.

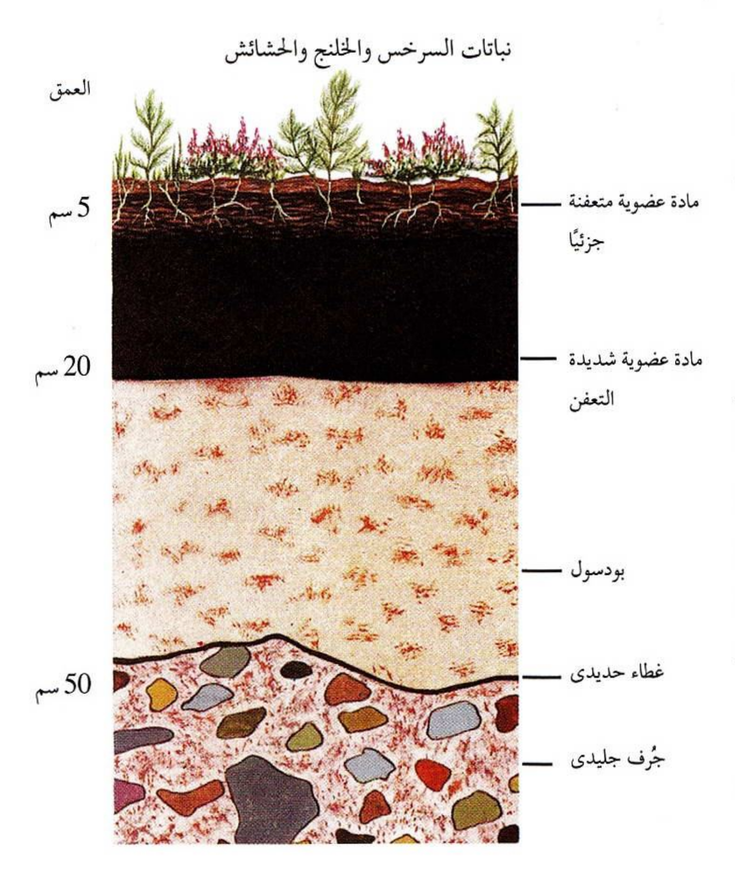
◄ غالبًا ما تكون تربة الأراضى البور أو البودسول حامضية، لأن المواد العضوية تتحلل ببطء شديد فى البودسول.

أنواع التربة فى الأراضى الرطبة

فى المناطق ذات الأمطار الغزيرة، تكون التربة مُرَشَّحَة وغير خصبة. وتجد معظم النباتات صعوبة فى أن تنمو فى هذه التربة، رغم أن هذا النوع من التربة غالبًا ما يساعد الغابات الكثيفة على النمو لأن النباتات الخشبية يمكنها تخزين المواد المغذية.

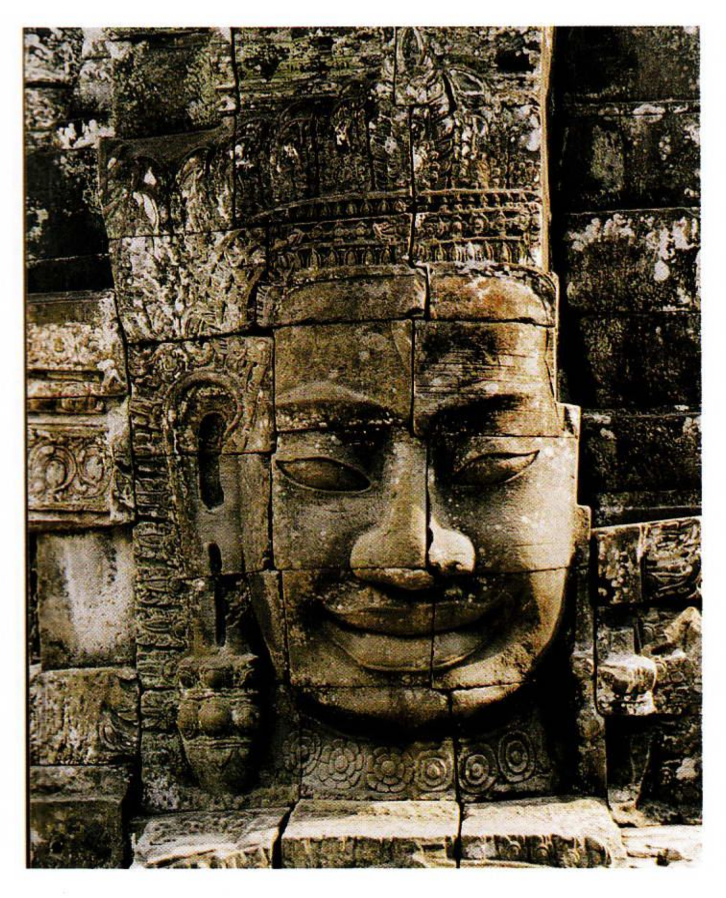
يمتد إقليم يُسمى إقليم التندرا عبر شمال كندا وألاسكا وسيبيريا. وغالبًا ما تكون طبقة الأرض الواقعة تحت التربة مباشرة متجمدة طوال السنة. وتُسمى بالأرض المتجمدة، أو «الجمد السرمدى»، وهذه التربة المتجمدة تحافظ على الماء من التسرب لأسفل عبر مستويات التربة. وفى أثناء فصل الصيف القصير تذوب الطبقات الجليدية العليا من التربة. وتجد أنواع متعددة من النباتات الفرصة سانحة فتنمو سريعًا، ولكن ليست هناك أشجار. وتربة التندرا غالبًا ما تكون عالية الارتشاح. فبقايا النباتات الميتة تشكل السطح البنى المتفحم، وفى الطبقة السفلى تكون التربة رمادية اللون مرتشحة بشدة.

وجنوب التندرا فى نصف الكرة الشمالى، يوجد حزام واسع من الغابات الصنوبرية التى تحتوى على أشجار تنتج ثمارًا مخروطية الشكل، مثل الصنوبر والأناناس. ونحو الجنوب، تبدأ هذه الغابات



الصنوبرية تختلط بالأشجار عريضة الأوراق. وأكثر أنواع التربة شيوعًا هناك هى تربة «البودسول» (وهى كلمة روسية تعنى «رماد»). ولا تُلائم المواسم الشتوية الباردة فى هذه المناطق الحيوانات الصغيرة جدًّا التى تعتمد فى غذائها على النباتات الميتة، ومن ثمَّ تتكدس بقايا النباتات نصف المتحللة عند سطح الأرض. وتدريجيًّا تصبح المادة العضوية حمضية؛ حيث تتخمر عند السطح. ويرتشح الماء الحمضى بعد ذلك فى التربة الرمادية اللون. وتتكون تربات مشابهة لذلك فى المناطق التى كانت فيما مضى غابات أشجارها عريضة الأوراق. ولون هذه التربات بنى يميل إلى الرمادى بسبب وجود الحديد والدُّبال. وتكون هذه التربة أقل حمضية وأكثر خصوبة من تربة البودسول الحقيقية.

وتسمى التربة شديدة الترشيح الموجودة فى المناطق الحارة «لاتوسول»، أو الأرض الاستوائية الحمراء. وكان يُطلق عليها فيما مضى تربة «اللطريط»، وهو الصخر الأحمر المسامى، ولكن هذا التعبير يطلق الآن على نوع خاص من التربة الاستوائية والتى يُستخرج منها أكسيد الألومنيوم (AL_2O_3). وتتيح درجات الحرارة العالية والأمطار الغزيرة حدوث تفاعلات كيماوية طبيعية على عمق أكبر داخل التربة. ولذلك فاللاتوسول تربة عميقة، وغنية بالحديد والألومنيوم، وهى إما حمراء وإما صفراء.



▲ يوجد هذا النحت الضخم فى كمبوديا، وتم نحته فى تربة اللاتوسول التى تعد تربة صلبة تتشكل فى المناطق الحارة الرطبة. وتربة اللاتوسول شديدة الترشيح ولونها أحمر بسبب وجود أكاسيد الحديد بها.

أنواع التربة فى الأرض الجافة

فى الأماكن التى تسقط فيها الأمطار بكميات معتدلة أو قليلة لا تكون التربة شديدة الترشيح. والحشائش أكثر النباتات نموًّا فى هذه المناطق. وتوفِّر الحشائش والنباتات الأخرى كمية كبيرة من الدُّبال. كما أنه بدلاً من ترشيح العناصر الكيميائية من المستوى الأفقى أ، فهى غالبًا ما تصعد إلى السطح مع ارتفاع المياه. التى ترتفع عندما يكون هناك تبخر شديد على السطح. وغالبًا ما يقوم الماء بنقل الجير إلى أعلى، من المستوى الأفقى ج، إلى المستوى أ.

ويُطلق على أنواع التربة ذات الحشائش «الشيرنوزيم»، وهى كلمة روسية تعنى الأرض السوداء. وتكون ملونة بالدبال الذى يوجد بكميات كبيرة تصل غالبًا إلى عمق 1-1.2 متر، وتربة الشيرنوزيم تجعل الأرض شديدة الخصوبة لزراعة الحبوب. وأراضى البرارى من هذا النوع. وفى بعض المناطق ذات الجفاف الجزئى تكون التربة بُنية كستنائية اللون وغير مرتشحة. والتربة الصحراوية تحتوى على كميات أقل من الدُّبال، وعادة ما يكون لونها أحمر فاتحًا أو بنيًا أو أصفر.

أنواع التربة الأخرى

إن تصنيف أنواع التربة وفقًا للمناخ وحده مسألة صعبة لارتباطها بعوامل أخرى كثيرة. فمثلاً، تُحدِث الجبال تغيُّرًا فى المناخ وفقًا لارتفاعها. وبالإضافة إلى ذلك، لا تتحسن التربة بشكل جيد على الأرض المنحدرة كما يحدث على الأرض المنبسطة.

وتتكون بعض أنواع التربة من المواد التى ألقيت فيها بفعل التَغَيُّرات الطبيعية. ومن أكثر أنواع التربة خصوبة فى العالم تلك التى تتكون من الطمى أو الغِرْيَن. والطمى مادة ناعمة طيبة تحملها الأنهار المتدفقة. وسهول الطمى هذه، فى البلدان الدافئة الرطبة، تجعل الأرض زراعية خصبة. وتلك الأراضى من أكثر مناطق العالم ازدحامًا بالسكان. (وتربة وادى النيل من هذا النوع).

ويمكن تصنيف التربة بطرق أخرى عديدة، فإذا صنفت وفقًا لقوامها مثلاً، فالتربة الرملية حبيباتها خشنة، والطمى أو الغِرْيَن حبيباته متوسطة، والتربات الطينية أو الطفلية حبيباتها ناعمة جدًّا.

التشكُّل

الهرة تشبه قطة صغيرة، والجرو يشبه كلبًا صغيرًا. لكن اليرقة لا تشبه الفراشة، وأبا ذنيبة لا يشبه الضفدعة. إن العملية التى يحدث بمقتضاها هذا التغير الكلى فى شكل بعض الحيوانات وتركيبها، تُسمى التشكل.

التَشَكُّل أو «التحوُّل» كلمة تصف جيدًا التغير التام الذى يحدث فى بعض صغار الحيوانات؛ حتى تصل إلى طور البلوغ. ويحدث التشكل فى الصور الدنيا من الحيوانات، كالبرمائيات (الحيوانات التى تعيش على اليابسة وفى الماء)، والحشرات والقواقع (الحلزونيات) والمحاريات والسرطانات البحرية كالكابوريا.

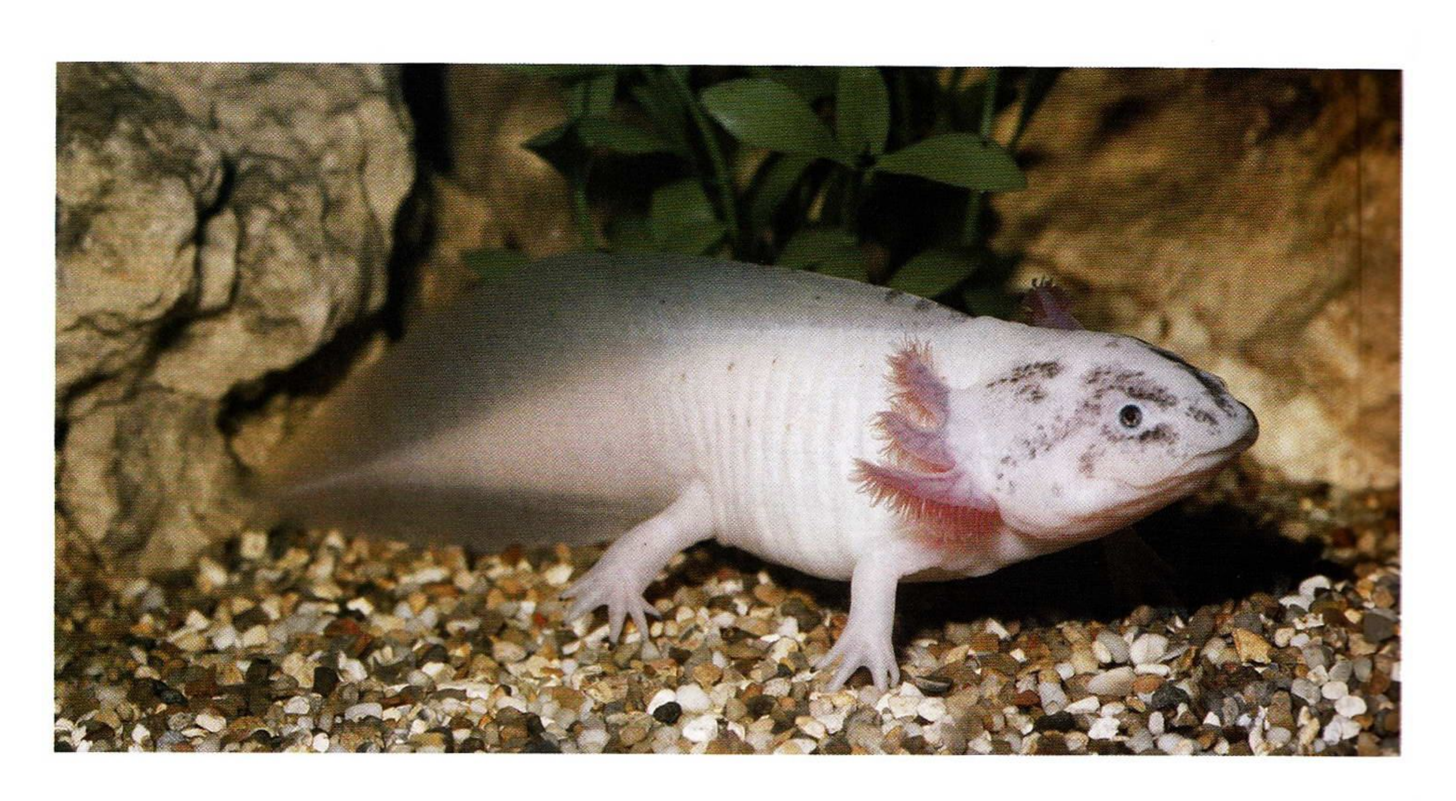
وهذا التغير الكامل فى المظهر يعنى تغيرًا كاملاً فى أسلوب المعيشة. فالبرمائيات تتحول من الحياة فى الماء إلى الحياة على اليابسة. فالضفادع تبدأ حياتها فى الماء بمظهر «أبو ذنيبة» الشبيه بالأسماك، لكنها تنتهى بكائنات تقفز على اليابسة أيضًا. هذه التغيرات فى أسلوب المعيشة تُعد ميزة كبيرة للحيوانات الصغيرة؛ لأن ذلك يعنى أنها لا تنافس الكبار على الطعام أو مكان المعيشة.

كما أن هذه التغيرات فى أسلوب المعيشة عادة ما يأتى توقيتها متزامنًا مع توفر الغذاء. فاليرقات تفقس من بيضها فى وقت نمو النباتات التى تتغذى عليها فى الربيع، ثم تتحول إلى فراشات بالغة فى الصيف حين تظهر الأزهار التى تتغذى على رحيقها.

من ناحية، تحدث التغيرات استجابةً لعوامل بيئية، مثل تغير فى الجو أو فى عدد ساعات النهار، كما أنها تحدث تلبيةً لرسل كيميائية، تسمى الهرمونات، داخل جسم الحيوان.

ويُعتقد أن هرمونات، تسمى هرمون الانسلاخ، وهرمونات الشباب، وهى هرمونات ليست مقصورة على نوع بعينه، هى التى تنظم عمليات التشكل؛ وذلك حين تفرز فى جسم الحيوان لكى تحفز الجسم على التغير. غير أن هذه التغيرات المادية (الجسمية) بالإضافة إلى التغيرات التى تتضمنها عمليات التميز (أى تكشف وتميز الأعضاء) والنمو، تصحبها تغيرات وتحولات كبيرة فى الكيمياء الحيوية للكائن الحى، وسلوكه ووظائف أعضائه.

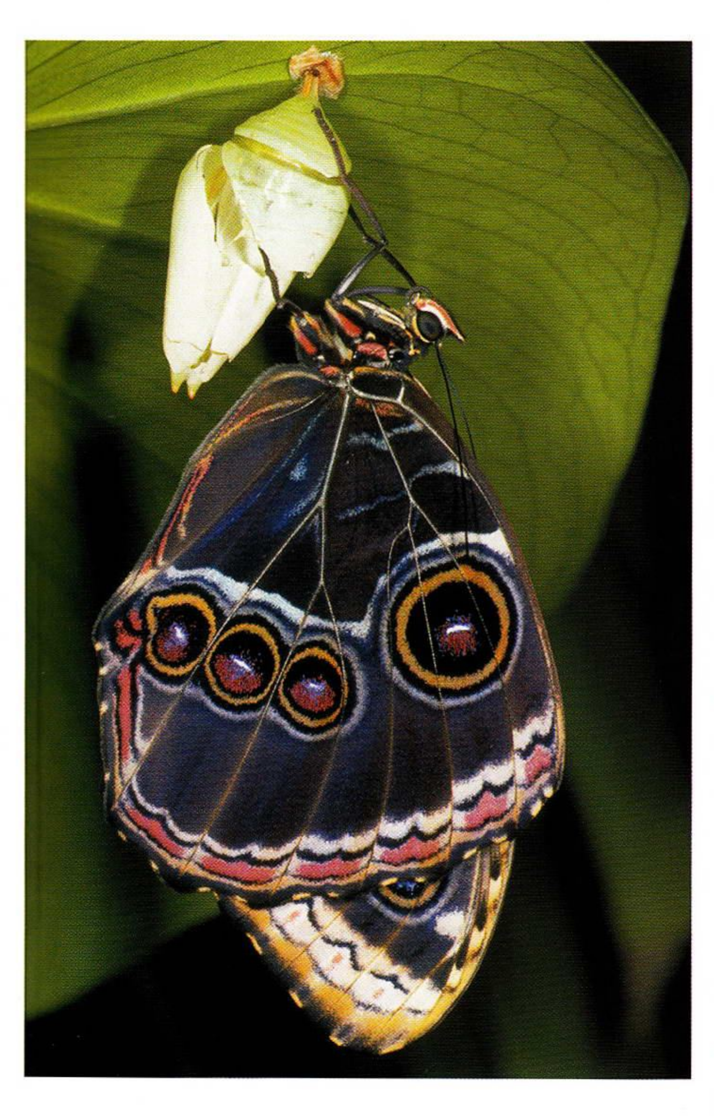
▼ هذا نوع من السلمندر - يُسمى أكسولوتل - يعيش فى البحيرات المكسيكية. والغريب فى أمر هذا الحيوان أنه يمر من طور البيضة إلى طور اليرقة كغيره من البرمائيات، لكنه لا يتشكل إلى حيوان بالغ أبدًا. وهذه ظاهرة تسمى التجدد.



أنماط مختلفة من التشكل

يتحدث البيولوجيون عن تشكل تام وتشكل غير تام، والتشكل يكون تامًا إذا لم يكن هناك أى تشابه بين الصغار والبالغين، مثل الفراشات وأبى دقيقات (العث). ويكون غير تام إذا كان هناك بعض التشابه بين الصغار والكبار، كما هى الحال فى الكابوريا ونطاطات الحشائش والصراصير.

والبيولوجيون الذين يدرسون الحشرات يستخدمون ثلاث كلمات لوصف ثلاثة أنماط من تغير الحياة وتعريفها. عندما تمر الحشرات بتشكل تام - مثل الخنافس والفراشات والدبابير والذباب - فإن البيولوجيين يسمونها «كاملة التشكل». وعندما تنمو الحشرات بتشكل غير تام - مثل البق ونطاطات الحشائش والنمل الأبيض - يصفها البيولوجيون بأنها «ناقصة التشكل». أما عندما تنمو الحشرات ببساطة دون أن يتغير مظهرها على الإطلاق، فإنها توصف بأنها «عديمة التشكل». وهذا ما يحدث للحشرات التى ليست لديها أجنحة، كالسمك الفضى وذوات الذنب القافز.



▲ الطور الكامل من الفراشة الزرقاء التى خرجت لتوها من جلد العذراء، بعد أن تشكلت من يرقة عديدة الأرجل. وسوف تظل الفراشة معلقة للحظات حتى تجف أجنحتها، وتنطلق بعدها طائرة لتبدأ حياتها القصيرة كفراشة بالغة.

التشكل التام

توجد أربعة أطوار مميزة فى التشكل التام للحشرات: البيضة، اليرقة، العذراء، والحشرة الكاملة أو البالغة. وهذه الأطوار أكثر وضوحًا فى الحشرات الحرشفية الأجنحة كالفراشات وأبى دقيق. كما أن الذباب والخنافس والدبابير تمر بذات الأطوار. ولكن بينما تصبح الفراشة يرقة عديدة الأرجل فى طورها الثانى (أى بعد الفقس من البيضة) وذلك فى الطور اليرقى، تكون يرقة الخنافس محدودة الأرجل، ويرقة الذباب دودة عديمة الأرجل. وهذه اليرقات لا تشبه حشراتها الكاملة فى شىء.

إن طور البيضة هو أول أطوار الحياة فى كل الحشرات. ولكل حشرة مكان مفضل تضع فيه البيض. وعادة ما تضع الفراشات بيضها على أوراق النبات الذى سوف يوفر غذاء للصغار بعد الفقس. وغالبًا ما يضع الذباب بيضه فى اللحم المتعفن أو الروث الذى سوف تتغذى عليه الديدان الصغيرة بعد الفقس، وكثير من الخنافس تضع بيضها فى الأخشاب المتحللة. وعندما يفقس البيض - وغالبًا ما يحدث ذلك بعد عدة أيام - فإن الحشرة تدخل الطور الثانى من أطوار حياتها.

الطور اليرقى

الطور اليرقى هو الطور الثانى فى التشكل التام. واليرقات (مفردها يرقة) هى ما يخرج من البيض. واليرقات، مثل يرقات الجعارين والخنافس وديدان الذباب يكون لونها مائلاً إلى الرمادى أو البنى، لكن يرقات أخرى كيرقات حرشفية الأجنحة (الفراشات) تكون لها ألوان لافتة للنظر بنية أو صفراء أو خضراء أو مخططة ويكون جلدها ناعمًا أو مغطى بشعرات أو أشواك. وتختلف فى ذلك باختلاف نوع الفراشة أو العث. لكن يرقات حرشفية الأجنحة تتحرك إما بأن تصنع ما يشبه الحلقة، وإما بأن تزحف على أجزاء من جسمها تشبه الأرجل وتسمى الأقدام

الأولية. ولا تفعل اليرقات شيئًا سوى الأكل طوال الوقت؛ ولهذا تكون لها فكوك قوية للمضغ، وأمعاء كبيرة لهضم الطعام.

وكثير من يرقات الفراشات قادرة على أن تأكل فى اليوم الواحد ما يساوى وزن جسمها عدة مرات. والحقيقة أن اليرقة تأكل كثيرًا إلى درجة أن جلدها الخارجى يضيق عليها، وتعمل على التخلص منه. وتسمى هذه العملية، الانسلاخ، وتبدأ عندما يفرز مخ اليرقة هرمونات تنبه غددًا فى جسمها لإطلاق هرمون يُسمى إكدايسون (هرمون الانسلاخ)، الذى يخبر جسم اليرقة ببناء جلد جديد طرى أسفل القديم الذى تستعد لنزعه عن جسمها.

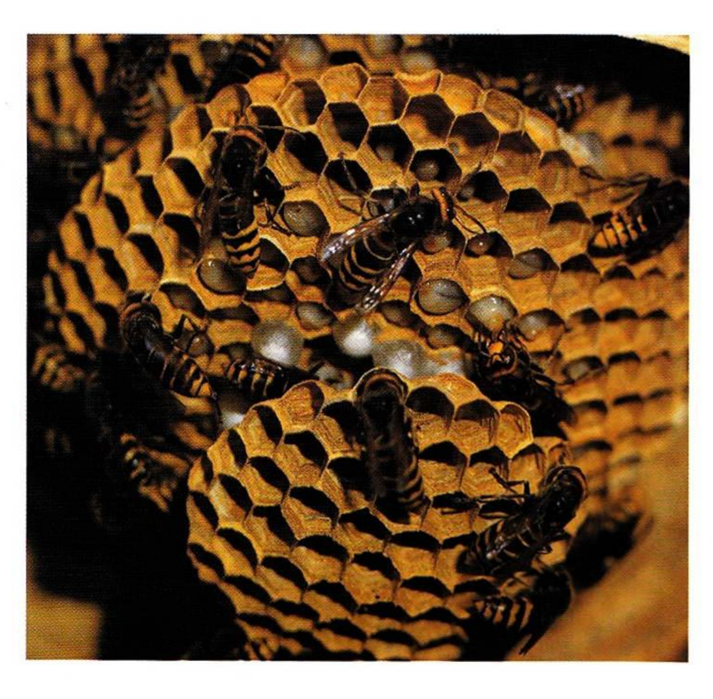
وتنسلخ اليرقة عدة مرات، وكل طور أو مرحلة من مراحل نمو اليرقة يسمى فترة عمر يرقى. فاليرقة الخارجة لتوها من بيضتها تكون فى فترة عمرها اليرقى الأول، وتبدأ فترة عمرها اليرقى الثانى بعد أول انسلاخ لها، وهكذا. ويطرأ تغير كبير على شكل كثير من يرقات الفراشات مع انسلاخها من عمر يرقى إلى آخر. فبعضها يشبه قطرة براز طائر، أو بزاقة فى فترات أعماره اليرقية الأولى، ثم بعد ذلك تصير أكثر شبهًا بالأفاعى فى فترات عمرها اليرقية الأخيرة. وهذه التغيرات تساعدها على البقاء حية. فعندما تكون صغيرة يغلب عليها أن تختفى عن أنظار أعدائها. أما عندما تكبر، فقد يكون أمانًا لها أن تبدو فى شكل مخيف.

العذراء

طور العذراء هو الطور الثالث فى التشكل التام للحشرات. لكن التغير فى هذا الطور يكون هائلاً؛ لذا يستغرق وقتًا أطول نسبيًا. والعذراء لا تتحرك ولا تتغذى. وغالبًا ما يطلق على طور العذراء طور الراحة. وقد يحدث التغير خلال أسبوع واحد. وأحيانًا يستغرق شهورًا. وكثير من الفراشات تقضى فترة الشتاء فى طور العذراء، ولا تخرج منه إلا مع حلول الربيع التالى حين يصير الغذاء وفيرًا. وبينما تحدث تغيرات كبيرة داخلها، تظل

هل تعلم؟

أن سمندل الماء والسلمندر يقضيان أطوارهما اليرقية على هيئة "أبى ذنيبة" وهناك نوعان هما: جرو الطين والأكسولوتل، يظلان على هيئة أبى ذنيبة طوال حياتها.



▲ **يعتبر النحل من بين حشرات كثيرة تمر بأربعة أطوار من التشكل الكامل. وفى هذه الصورة، تقوم النحلات البالغة برعاية اليرقات البيضاء العديمة الأرجل التى تقبع ملتوية داخل خلايا الحضنة فى عش النحل. وتقضى النحلة طور العذراء فى خلايا الحضنة أيضًا وبعدها تخرج النحلة البالغة.**

العذراء ساكنة تمامًا. لذا تحتاج الحشرة فى هذا الطور إلى الحماية من الأعداء. ولهذا تصنع الحشرة لنفسها غلافًا صلبًا يسمى الشرنقة من حرير تفرزه هى أو من فتات النباتات والتربة. وترى عذارى كثير من الفراشات معلقة بخيوط حريرية مدلاة من السطح السفلى لأوراق النبات. أما الخنافس، فتكون عذارى كثير منها مدفونة فى التربة أو داخل جذوع الأشجار القديمة.

وعلى الرغم من أن العذراء تبدو ساكنة وكأن لا حياة فيها، فإنها يدور بداخلها قدر هائل من النشاط؛ فالعذراء فى حالة تغير. وبالتدريج يذوب جسم اليرقة وأرجلها وسائر أعضائها. وتنمو محلها الأجنحة وأرجل الحشرة الكاملة وأجزاء جسمها.

وفى النهاية، عندما تكتمل التحولات، تبزغ العذراء من جلدها إلى الطور الرابع والنهائي: الحشرة الكاملة أو البالغة. ولاتكون الحشرة الجديدة غالبًا مستعدة للطيران فورًا، بل يكون لزامًا عليها أن تنتظر حتى تنفرد أجنحتها وتجف. ويبدو شكل الحشرة الكاملة وسلوكها مختلفين تمام الاختلاف عما كانت عليه الحال فى طور اليرقة. إن لها الآن أجنحة، ذات ألوان وعلامات جميلة أحيانًا، تمكنها من الطيران بدلاً من الزحف. وقد تتغذى الحشرات الكاملة على قدر ضئيل جدًا من الطعام، أو لا تتغذى أبدًا فى بعض

الأنواع. وتعيش هذه الحشرات فترة قصيرة جدًّا ولغرض وحيد، هو التكاثر. وبمجرد أن تنتج ذريتها تموت. لكن البيض الذى وضعته يبدأ دورة جديدة للتشكل الكامل مرة أخرى.

التشكل الناقص (غير التام)

فى التشكل الناقص لا يوجد الطور الثالث (طور العذراء)، وطور اليرقة يُسمى حورية. وبالتالى يوجد ثلاثة أطوار: البيضة، والحورية، والحشرة الكاملة. والحشرات التى تمر بهذه الأطوار: البق، الصراصير، الرعاشات، نطاطات الحشائش، والحشرات العصوية.

وتكون للحورية (أو اليرقة) أجنحة أولية أو براعم أجنحة عندما تفقس من البيضة، ويشبه شكلها شكل الحشرة الكاملة إلى حد كبير. فالحوريات غالبًا ما تكون أشبه بنسخ مصغرة عديمة الأجنحة من كواملها (حشراتها الكاملة). والغالب أن الحورية قد تعيش حتى فى ذات الأماكن وتتغذى على نفس الغذاء مثل الحشرة الكاملة، لكن حوريات الرعاشات الكبيرة والرعاشات الصغيرة تعيش عيشة مائية بالكامل، ولا تنطلق فى الهواء إلا عندما تتحول إلى حشرات كاملة. وبينما تنمو الحورية، تتطور أجنحتها تدريجيا على جانبى جسمها من الخارج. ومع كل انسلاخ، يزيد حجم نتوءات الأجنحة. ويختلف عدد الأعمار الحورية - أو فترات الأعمار الحورية - من حشرة إلى أخرى. والشائع أن يكون للحشرة من أربعة إلى خمسة أعمار حورية.

التشكل فى البرمائيات

يختلف تشكل البرمائيات عن التشكل فى الحشرات. والواقع أن كل كائن برمائى له طريقته الخاصة فى التطور. وتعتبر الضفدعة مثالاً جيدًا على ذلك.

فى الطور الأول، يوضع بيض الضفدعة، ويسمى الصئبان، فى الماء. وتحتوى كل بيضة على جنين تحميه كرة من الهلام (الجيلى). وبعد أسبوع يفقس البيض وتخرج منه أفراد «أبو ذنيبة»، وهو الطور الثانى، أو طور اليرقة فى دورة حياة الضفدعة. ولأبى ذنيبة الحديث الفقس خياشيم للتنفس فى الماء مثل الأسماك، وهو يستخدم فمه للتعلق بالنباتات التى تحت الماء، كما أن له ذيلاً أيضًا، وهو أكثر شبهًا بسمكة صغيرة. ولكنه سرعان ما ينمو ويتغير.

بعد نحو ثلاثة أسابيع، يكون الذيل قد نما واستطال بدرجة تكفى لمساعدة أبى ذنيبة على العوم بسرعة فى الماء. إنه لا يزال يشبه السمكة، لكنه سرعان ما تنمو له أرجل خلفية، ثم رئتان لتنفس الهواء، ثم يبدأ فى التغذية على الحشرات. ويبدأ الجسم يتغير شكله ويقترب شبهًا من الضفدعة. ولا يمر وقت طويل حتى تنمو لأبى ذنيبة أرجل أمامية، وتمتص خياشيمه داخل جسمه. وهكذا يصبح عليه أن يخرج إلى سطح الماء لاستنشاق الهواء. وأخيرًا تخرج من الماء ضفدعة صغيرة لها بقايا ذيل.



▼ **هنا يمكنك أن ترى التغيرات الكبيرة فى شكل جسم الضفدعة. إنها تتشكل بسرعة من أبى ذنيبة الذى عمره أسبوع واحد إلى الضفدعة الكاملة التى عمرها 14 أسبوعًا.**

التصوير الضوئى (الفوتوغرافى)

الكاميرات آلات تستخدم لالتقاط صور ضوئية. والكاميرا عبارة عن صندوق مظلم يحتوى على فيلم حساس للضوء. وعندما يدخل الضوء من خلال نافذة صغيرة جدًا فى هذا الصندوق، فإنه يسقط على الفيلم، وتتكون على الفيلم تصبح صورة فوتوغرافية.

ظهرت أول صورة ضوئية فى عام 1816، على يد عالم الطبيعة الفرنسى جوزيف ناسيفور نييبسى (1765-1833). وكلمة «فوتوجراف» فى الأصل تعنى «الكتابة الضوئية». وقد تشكلت هذه الصورة الأولى على ورقة تم نقعها فى مادة كيماوية حساسة للضوء. ووضعت الصورة داخل كاميرا بسيطة. وتم إدخال الضوء إلى الكاميرا من خلال ثقب أو فتحة ضيقة تركز على الورقة الحساسة من خلال عدسة. وأدى ذلك إلى تحول أجزاء من الورقة الحساسة إلى لون داكن، فتشكلت صورة ضوئية للمشهد المواجه للكاميرا. وقد أثرت الأجزاء المضيئة من المشهد أكثر على الورقة، بينما لم يكن للأجزاء المعتمة من المشهد أى تأثير على الإطلاق. لذلك كانت الصورة معكوسة الأضواء والظلال (أى صورة سلبية أو نيجاتيف)، فالأجزاء التى كانت مضيئة فى المشهد أصبحت هى الأكثر عتامة فى الصورة.

وكانت المشكلة فى الصور الضوئية الأولى التى التقطها نييبسى هى أنها كانت سرعان ما تبهت تدريجيًا حتى تختفى. وكان أى ضوء يقع عليها يستمر تأثيره على المادة الكيميائية التى تغطى الورقة الحساسة. ولكن بعد عدة سنوات من التجارب اكتشف نييبسى طريقة لصنع صور ضوئية ثابتة، وأول صورة ضوئية كان لها بقاء التقطها نييبسى عام 1826.

بداية التصوير الضوئى

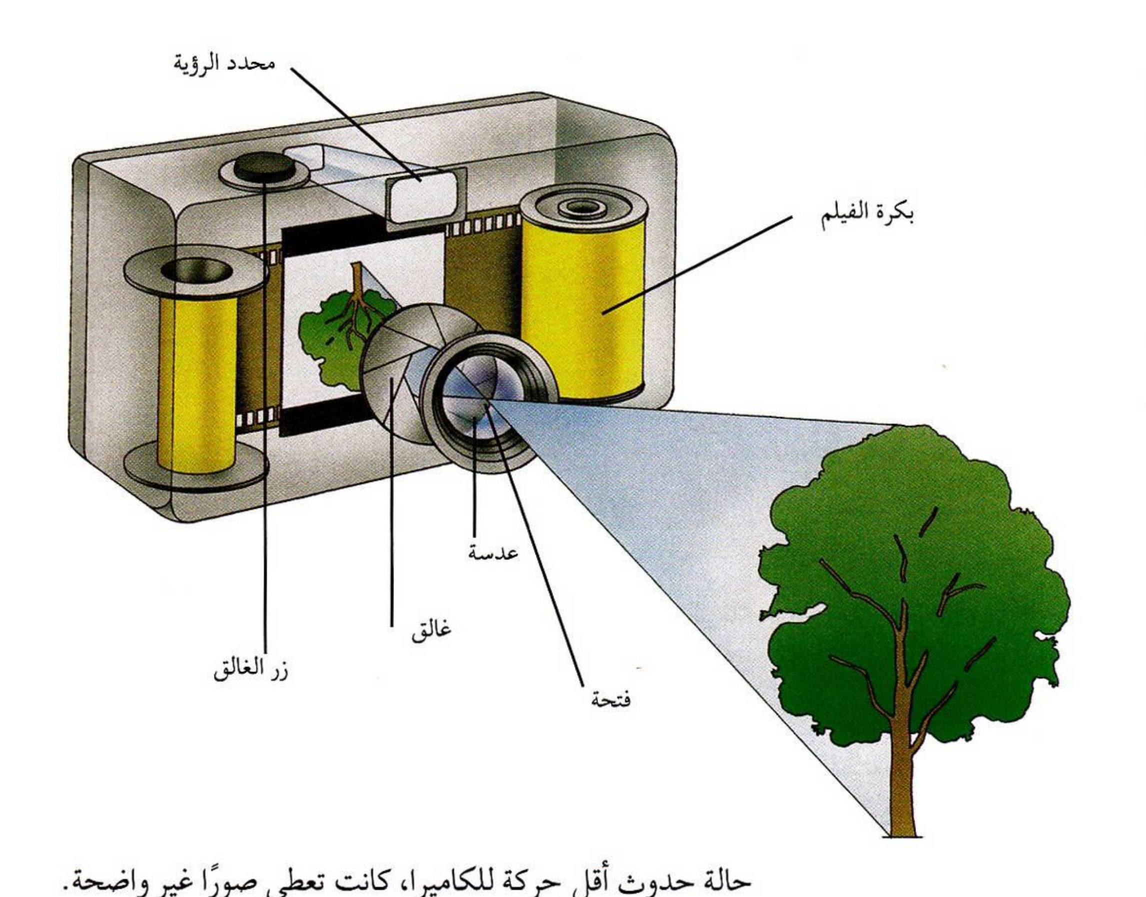
فى البداية كان من الأسرع أن ترسم صورة بالقلم من أن تلتقط صورة ضوئية؛ لأن المواد الكيميائية الحساسة للضوء كانت تستغرق وقتًا طويلاً حتى تصبح داكنة. وكان لابد أن تترك الكاميرا أمام المشهد المطلوب تصويره لعدة ساعات، حتى يمكن الحصول على صورة جيدة. وأصبح الوقت المطلوب لعمل صورة ضوئية معروفًا بأنه «زمن التعريض للضوء». وعلى مرّ السنين، استُخْدِمَت مواد كيميائية أكثر حساسية للضوء، ولذلك أصبح زمن التعريض أقصر. واستطاعت الكاميرا التقاط الحركة السريعة، بدلاً من مجرد تصوير مناظر ساكنة.

ويتطلب الفيلم، كى يتم تعريضه للضوء لزمن قصير مقداره ثانية واحدة، أداة تسمى الغالق فوق فتحة العدسة، والتى تسمح للضوء بالنفاذ داخل الكاميرا بقدر زمن معين عندما يتم الضغط على زر الالتقاط.

وفى أعوام 1880، كانت الصور الضوئية تلتقط على أطباق زجاجية تغطيها طبقة من مادة حساسة للضوء. وكان لابد أن توضع الأطباق على حوامل فى مكان لا تتعرض فيه للضوء. وفى عام 1888 صُنعت آلات تصوير «كوداك» التى تستخدم الشريط الفيلمى الملفوف.



▲ كانت الكاميرات البدائية أكبر كثيرًا مما هى عليه الآن. يدخل الضوء إلى الكاميرا عبر عدسة وفتحة فى مقدمة الكاميرا، وكان يتم تشغيل الغالق بالضغط على كرة مملوءة بالهواء. وتطوى الكاميرا داخل صندوق عندما لا تكون قيد الاستعمال.



يبين هذا الرسم كيف تعمل الكاميرا؛ حيث تركز عدسة الكاميرا الضوء القادم من الشجرة فتسقط صورة معكوسة للشجرة على فيلم فى خلفية الكاميرا؛ لأن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة. ويمكن التحكم فى كمية الضوء النافذ داخل الكاميرا بتوسيع أو تضييق الفتحة الواقعة خلف العدسة. ويسمح الغالق خلف الفتحة بمرور الضوء لفترة محدودة من الوقت، وهى التى يحتاجها الفيلم للتعرض.

الكاميرا الصندوق

كانت آلات التصوير التى على هيئة صندوق شائعة للغاية طوال النصف الأول من القرن العشرين. وتتكون تلك الآلات من صندوق بسيط لا ينفذ إليه الضوء، وله عدسة مثبتة وغالق ذو سرعة واحدة. وكان شريط الفيلم يدور عبر مؤخرة آلة التصوير.

وكان لهذا النوع من آلات التصوير عيوب. فهى لا يمكن أن تلتقط صورًا قريبة، وتعطى صورًا رديئة فى الأماكن المظلمة، وفى حالة حدوث أقل حركة للكاميرا، كانت تعطى صورًا غير واضحة. وللتغلب على تلك المشكلات صُمِمَت آلات تصوير بعدسات وغوالق قابلة للتعديل والضبط.

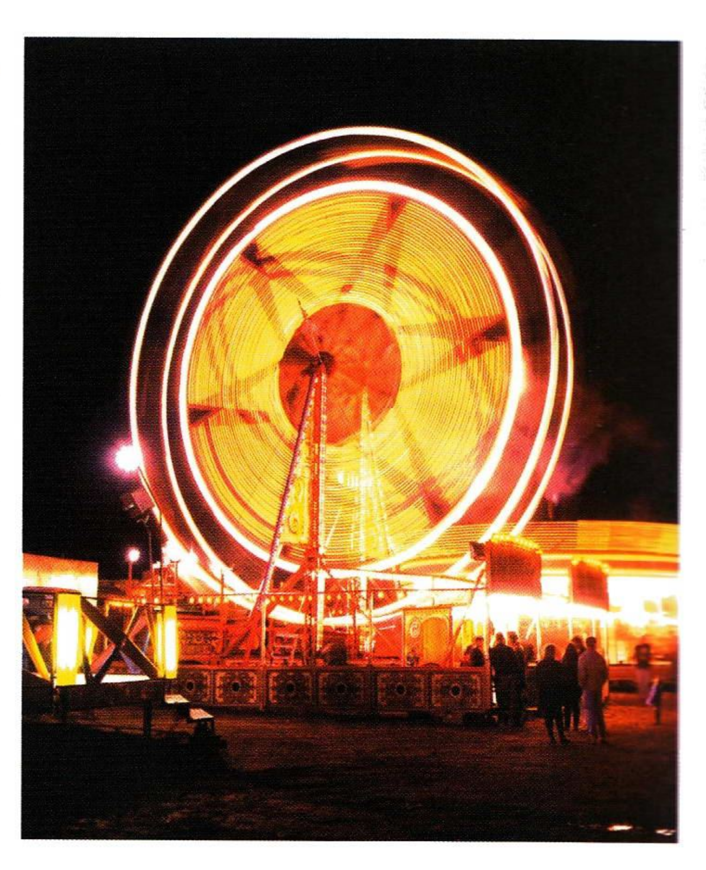
هل تعلم؟

كلمة "كاميرا" مشتقة من كلمة لاتينية بمعنى "غرفة". وكانت "الكاميرا أوبسكورا" (وتعنى "حُجرة مظلمة") قد سبقت كاميرات التصوير الضوئى؛ حيث استخدمت منذ أكثر من ألفى عام طريقة الكاميرات الفوتوغرافية ذاتها، وذلك بدخول ضوء إلى غرفة مظلمة من خلال ثقب صغير. ويكون الضوء صورة على جدار الصندوق المقابل للفتحة. ويرجع فضل هذا الاختراع إلى عالم الفلك والبصريات العربى الحسن بن الهيثم (965-1039)، والذى كان يعيش فى مصر، وهو الذى أطلق عليه اسم "الحُجرة المظلمة".

الغالق

يستخدم نوعان رئيسيان من الغوالق فى آلات التصوير الحديثة. غالق داخل العدسة، وهو مُصَنَّع كجزء من وحدة العدسة. وهذا النوع به أكثر من نصل معدنى متحرك يُفتح ويُغلق ليسمح بدخول الضوء إلى آلة التصوير. ويمكن ضبط زمن التعريض غالبًا بين ثانية واحدة وبضعة أجزاء من مائة جزء من الثانية. ومعظم آلات التصوير من هذا النوع تتطلب ضبطًا أقل.

والنوع الثانى هو غالق البُعد البؤرى الموجود أمام الفيلم مباشرة. ويتكون هذا النوع من زوج من الستائر الدوارة الصغيرة جدًا، والتى تتحرك أمام الفيلم لإحداث التعرض. وتسمح فجوة موجودة بين الستارتين بتعريض الفيلم للضوء الداخل إلى الكاميرا. ويمكن لكمية الضوء التى تسقط على الفيلم أن تتغير بتعديل اتساع الفجوة بين الستارتين. ويمكن أيضًا أن تتغير بتعديل السرعة التى تتحرك بها الستائر. وتعطى معظم غوالق البُعد البؤرى معدل تعريض للضوء يتراوح ما بين ثانية واحدة كاملة وجزء من ألف جزء من الثانية.



◀ التقطت هذه الصورة الفوتوغرافية مع زيادة زمن التعريض للضوء. حيث ظل غالق الكاميرا مفتوحًا لفترة أطول من المعتاد، لذلك فالضوء القادم من أهداف متحركة، مثل هذه اللعبة بأرض الملاهى، أدى إلى تكون صورة غير واضحة (ضبابية) على الفيلم.

عُمق المجال

ومع وجود فتحة واسعة، فإن الأشياء الواقعة داخل نطاق محدود تكون هى وحدها الواضحة، ويُسمى ذلك عمقًا ضيقًا للمجال. وهذه الخاصية تصلح لجعل شخص أو شىء واضح المعالم فى مواجهة خلفية ضبابية (غير واضحة). ومن ناحية أخرى، إذا كان المصور يرغب فى إظهار كل شىء واضحًا بقدر الإمكان، ففى هذه الحالة يجب أن يستخدم فتحة صغيرة. وفتحة العدسة عادة ما تتم الإشارة إليها بحرف f (وهذا الحرف "f" اختصار لكلمة بؤرة focal، ويرمز إلى قياس فتحة العدسة بالنسبة إلى بُعدها البؤرى Focal Length) فالفتحة الكبيرة ترتبط برقم بؤرى صغير، والعكس صحيح.

وتستخدم سرعات الغالق العالية عندما يتحرك الجسم المراد تصويره بسرعة. ويستطيع الغالق السريع تثبيت الحركة. وتُستخدم السرعات البطيئة للغالق لالتقاط صور فى الضوء الخافت لتسمح لمزيد من الضوء بالدخول إلى الفيلم. وعند التصوير بسرعة أقل من جزء من مائة جزء من الثانية، يجب تثبيت آلة التصوير على حامل ثلاثى لمنع أية اهتزازات يمكن أن تتسبب فى تشويش الصورة.

حاجز الضوء

ويوجد فى الكاميرات غشاء يُسمى حاجز الضوء، ويكون مناسبًا لحجم العدسة. والغشاء مزود بفتحة يمر منها الضوء. ويتحكم اتساع هذه الفتحة فى شدة إضاءة الصورة التى تتشكل على الفيلم عندما يُفتح الغالق. وهكذا، فالغشاء مثل الغالق وسيلة لتعديل زمن التعريض للضوء.

وتستخدم تنويعات من الفتح والإغلاق للحصول على الصورة المرغوب فيها. فالفتحة الكبيرة مع سرعة غلق عالية يمكن أن تسمح بكمية الضوء ذاتها التى تسمح بها فتحة صغيرة مع سرعة غلق بطيئة. وهذا الاختيار يتيح للمصورين إمكانية كبيرة للتحكم فى الصور.

العدسات وتركيز البؤرة

والأنواع البسيطة من الكاميرات بها عدسة مثبتة، وفتحة صغيرة تضمن تكوين صورة واضحة المعالم لمعظم الأشياء على الفيلم. والأشياء القريبة جدًّا فقط تكون ضبابية. ولكن، فى الكاميرات الأكثر تقدمًا، يمكن أن تُستخدم العدسات لتركيز الضوء على الفيلم. وهذا يعنى أن المصور يستطيع اختيار الجزء الذى تكون معالمه أكثر وضوحًا فى الصورة، حتى الأشياء القريبة من الكاميرا. وغالبًا ما يمكن التحكم يدويًّا فى العدسة بتقريبها أو إبعادها عن جسم الكاميرا لتعديل المسافة بين العدسة والفيلم. وفى الكاميرات ذات الصورة المنعكسة reflex cameras يمكن رؤية الصورة على مُحدِّد الرؤية viewfinder فى وضعها ذاته أمام العدسة؛ لذلك يستطيع المصور أن يرى ما إذا كانت الصورة واقعة فى بؤرة العدسة، أى واضحة المعالم، أم لا.

ومعظم الكاميرات المصنعة حديثًا (المدمجة)، وكثير من الكاميرات ذات الصورة المنعكسة يحدث تركيز البؤرة فيها بصورة آلية. ويتحقق ذلك من خلال إرسال شعاع غير مرئى يخرج من الكاميرا ويعكسه الجسم أو الموضوع المراد تصويره. وتكشف الكاميرا هذا الانعكاس، فتقيس المسافة بين هذا الشىء والكاميرا، وتقوم بتعديل وضع العدسة فى المكان الصحيح.



▲ فى الصورة كاميرا ذات العدسة الأحادية المنعكسة (SLR)، وملحق بها فلاش فى أعلاها. وهذه الكاميرا بداخلها مرآة تعكس الضوء القادم من خلال العدسة إلى الشاشة. وهذا يجعل المصور يرى بالضبط الصورة التى ستتكوَّن على الفيلم عندما يفتح الغالق. وعندما يُفتح الغالق تبتعد المرآة عن طريق الضوء، ويمكن أيضًا تركيب عدسات مختلفة فى مقدمة الكاميرا.

البُعد البؤرى

تتحكم المسافة بين عدسة الكاميرا والفيلم داخل الكاميرا فى مدى تكبير الصورة على الفيلم. وتُعرف هذه المسافة بالبعد البؤرى للعدسة. ويعتمد البعد البؤرى للعدسة على شكلها وحجمها، وهو ما يؤثر على تحديد المسافة بين العدسة والفيلم ليقع مركزها البؤرى على الصورة بشكل صحيح.

والعدسة القياسية للكاميرا، التى تستخدم فيلمًا مقاس 35 ملليمترًا، عادة ما يكون بعدها البؤرى 50 ملليمترًا، ويُطلق عليها عدسة 50 م. ولها زاوية رؤية قدرها 45 درجة.

وعدسة الكاميرا تستوعب منطقة معينة فقط أمامها، لا أكثر، بالضبط مثل عين الإنسان. وتُسمى هذه المنطقة زاوية الرؤية، أو زاوية الصورة. وعدسات الكاميرا القياسية تعطى زاوية رؤية مساوية لزاوية رؤية العين. ولذا فإن الصورة المأخوذة من العدسة توضح كل شىء فى المنظور الطبيعى؛ ويظهر كل شىء بنسبته الصحيحة ذاتها كما هو فى الواقع.

والعدسات الأطول فى البعد البؤرى زاوية رؤيتها أضيق. وتُظهِر صورة مكبرة جدًّا على محدّد الرؤية؛ ولهذا لا تستطيع أن تلتقط من المشهد المساحة التى تلتقطها العدسات القياسية. فالعدسة ذات البُعد البؤرى 200م فى كاميرا 35 م؛ لها زاوية رؤية 12 درجة فقط.

ومن ناحية أخرى، فالعدسات ذات البُعد البؤرى القصير تكون زاوية رؤيتها أوسع. والصورة التى تنتجها أصغر من الطبيعية، ولكنها يمكن أن تتضمن مساحة أكبر من المشهد. وتسمى العدسات التى تزيد زاوية رؤيتها على 60 درجة، عدسات واسعة الزاوية.

وينتشر فى العادة استعمال نوعين من العدسات: عدسات مُجَمِّعة أو مُقَرِّبة تركز الأشعة الضوئية فى نقطة واحدة. وهذه العدسات المُقرِّبة محدبة. فهى تتقوس إلى الخارج. وعندما يكون كلا وجهيها مقوسًا تُسمى العدسات ثنائية التحدب. وإذا كان وجه واحد مقوّسا والآخر مسطحًا فهى مُحدبة/مستوية. والعدسات المُفرِّقة تفرّق الأشعة الضوئية إلى الخارج مبتعدة عن المركز. وهذه العدسات مقعَّرة فهى تتقوس إلى الداخل. وعندما يتقوس كلا وجهيها فهى ثنائية التقعُّر. وإذا تقوس وجه واحد إلى الداخل وظل الآخر مستويًا، فهى عدسة مقعّرة/مستوية.

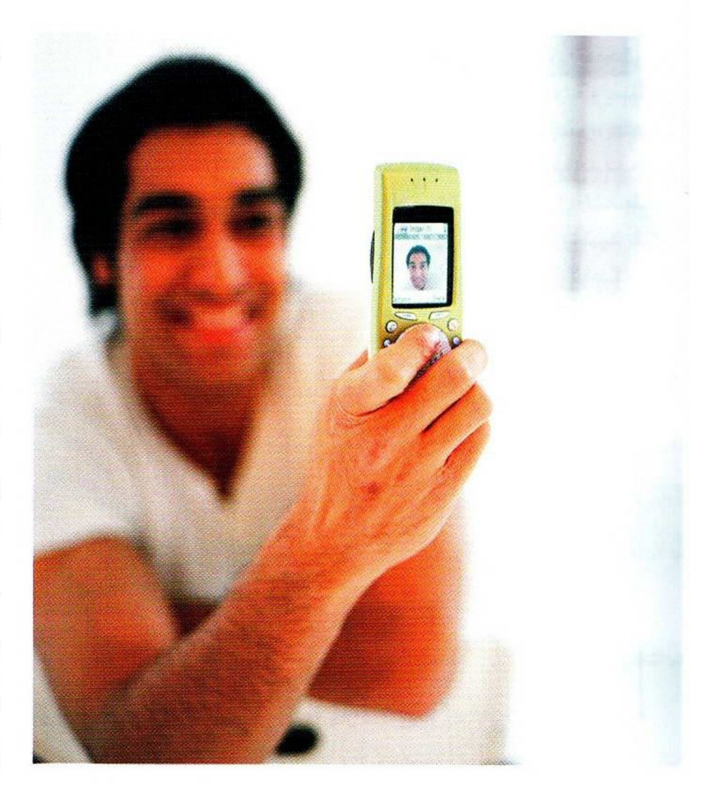
العدسة المُقرِّبة

لتصوير شىء على مسافة بعيدة إلى حدٍّ ما، يجب استخدام عدسة ذات بُعد بؤرى طويل. ولكن فى حالة العدسات العادية، لابد أن تكون الكاميرات أطول كثيرًا لتكون العدسات على بُعد مسافة مناسبة من الفيلم.

وجاء حل هذه المشكلة على يد إخصائى البصريات البريطانى جون هنرى دالميير (1830-1883)؛ حيث صنع كاميرا من عدسات مُركَّبة، بها عدسة مقعَّرة خلف عدسة الكاميرا المُحدَّبة العادية. وجعلت هذه العدسة المقعرة الضوء الخارج من العدسة المحدبة يتركز بسرعة أقل، وبالتالى أعطت زيادة فى طول البعد البؤرى، وكانت هذه أول عدسة للتصوير عن بُعد. وتستخدم العدسات المقرِّبة لالتقاط صور لأشياء (أو مشاهد) بعيدة جدًّا.

وفى المجموعة الأولى للعدسات المقربة، كان يمكن إطالة المسافة الواقعة بين العدستين أو تقصيرها للحصول على تكبيرات مختلفة. ولكن، كان استخدام هذه العدسات صعبًا جدًّا.

والعدسات المقرِّبة الحديثة فيها عدستان فى وضع ثابت بالنسبة إلى بعضهما بعضًا، وتتحركان معًا لتركيز الصورة، ومع ذلك تظل نسبة التكبير كما هى، وهذا التحريك يجعلهما أسهل فى التشغيل. وكانت مجموعة عدسات التقريب الأصلية لدالميير،



▲ معظم الكاميرات الحديثة ليس بها أفلام. وبها إلكترونيات حساسة للضوء، والتى تسجل الصورة كما فى مِلَفَاتِ الكمبيوتر. وكثير من الهواتف المحمولة مجهزة بهذه الكاميرات الرقمية (الديجيتال).

والتى تستطيع إعطاء تكبيرات مختلفة، هى الأساس الذى بُنيت عليه عدسة الزووم.

عدسة زاوية الرؤية الواسعة

وبوضع عدسة ذات زاوية رؤية واسعة فى كاميرا يستطيع المصور التقاط صورٍ لمنطقة أوسع من المعتاد، أكثر مما يستطيع شخص أن يرى بالعينين وحدهما. وهى ممتازة لالتقاط الصور فى المساحات الضيقة، داخل حجرة صغيرة مثلاً.

ومن أكثر العدسات متسعة الزاوية شيوعًا العدسة 28 ملليمترًا، والتى تتميز ببعد بؤرى قصير نسبيًا، يبلغ 2.8 سنتيمتر، ولها زاوية رؤية قدرها 74 درجة. ويستطيع المصور أن يرى أكثر كثيرًا من كل مشهد لتظهر بعد ذلك فى الصور النهائية. وكلما قلّ البُعد البؤرى، اتسعت زاوية الرؤية. ويصل الحد الأدنى للبعد البؤرى للعدسات متسعة الزاوية إلى نحو 1.7 سنتيمتر - والعدسة التى يبلغ بُعدها البؤرى 15 م تبلغ زاوية الرؤية لها 110 درجات، وبهذه العدسة تكون الصورة مشوهة؛ فالخطوط المستقيمة تبدو مقوَّسة.

عدسة الزووم

العدسة متغيرة البُعد البؤرى، أو عدسة الزووم، هى عدسة كاميرا يمكن أن تُكَبِّر الأشياء بدرجات مختلفة، ويمكن أن تحل محل عدد من العدسات المنفصلة.

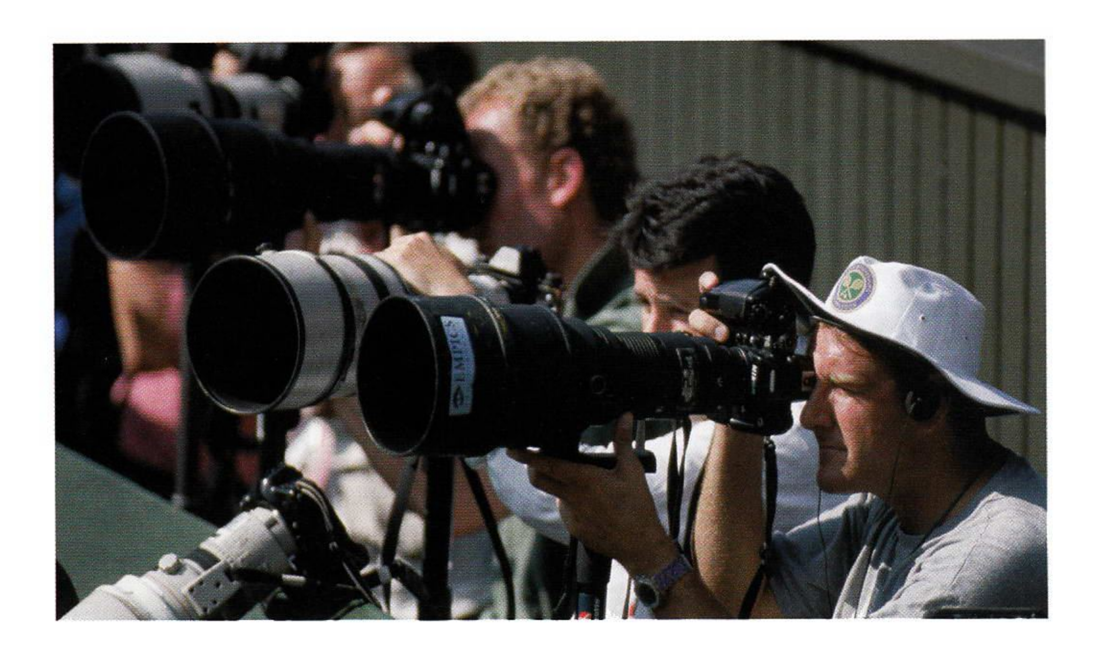
وحجم الصورة التى تنتجها عدسة عادية تتوقف على المسافة بين الكاميرا والهدف المراد تصويره. والطريقة الوحيدة لتغيير حجم الصورة بأى عدسة، هى أن تحرك الكاميرا قريبًا من الهدف أو بعيدًا عنه. نفترض أن المصور يقوم بالتقاط صورة لجسر مستخدمًا كاميرا بعدسة عادية، وصورة الجسر مساوية بالكاد لمساحة محدِّد رؤية الكاميرا. فإذا رغب المصور فى التقاط صورة، دون أن يتحرك من مكانه، لمركب صغير راس بالقرب من الجسر، فإن المركب سيبدو صغيرًا جدًّا فى محدِّد الرؤية. ولتكبير صورة المركب حتى تملأ مُحدِّد الرؤية، لابد أن يتحرك المصور ليكون أقرب إلى المركب. ولكن، لالتقاط صورة شجرة يقف المصور تحتها، فيجب أن يتحرك هو أو الشجرة حتى تظهر فى مُحدِّد الرؤية.

ويستطيع المصور أن يبقى فى المكان ذاته ويغير عدسة الكاميرا، مستخدمًا عدسة مُقرِّبة لتصوير المركب، وعدسة ذات زاوية رؤية واسعة لتصوير الشجرة. وبدلاً من ذلك، يمكن تصوير الأشياء الثلاثة كلها بتركيب عدسة زووم على الكاميرا.

إن البُعد البؤرى لعدسة الزووم يمكن تغييره، وهكذا فهى تؤدى دور العديد من العدسات. فبإطالة البُعد البؤرى، يستطيع المصور تقريب الصورة؛ وتقصير البُعد البؤرى هو إبعاد الصورة وما إن يتم ضبط البعد البؤرى بشكل صحيح، حتى يصبح المشهد مضبوطًا للتصوير وباستخدام عدسة زووم، من الممكن التقاط صورة لمشهد بزاوية رؤية كبيرة لازدحام فى مباراة لكرة القدم، ثم تُحوَّل الكاميرا فورًا لتقترب من لاعب بعينه.

هل تعلم؟

أوسع العدسات من حيث زاوية الرؤية تسمى عين السمكة. وسُميت كذلك بسبب عدستها الأمامية شديدة التحدُّب، والتى تشبه عين السمكة. وعدسة عين السمكة تلتقط صورًا دائرية وتكون الأحجام والمسافات عالية الانحراف. وعدسة عين السمكة مقاس 6م تبلغ زاوية رؤيتها 220 درجة. وبتعبير آخر، يمكن لهذه العدسة أن ترى خلفها.



► يحمل المصورون الصحفيون، مثل هؤلاء فى بطولة ويمبلدون الدولية للتنس بإنجلترا، عدسات كاميرا متعددة؛ لمساعدتهم فى الحصول على أفضل اللقطات. وتصوير الألعاب الرياضية غالبًا ما يتطلب عدسات تلسكوبية قوية.

كيف تعمل عدسات الزووم؟

تتكون عدسة الزووم من عدة عدسات منفصلة تسمى عناصر العدسة. وهى مثبتة بحيث يمكن لهذه المجموعة من العناصر أن تتحرك فيما بينها، ويغير هذا البُعد البؤرى.

وتتكون عدسة الزووم البسيطة من ثلاث عدسات. عدسة مفرِّقة بين عدستين مجمِّعتين. العدسة المقرِّبة الأمامية، والعدسة المفرِّقة لابد أن تتحرك مسافات مختلفة للحفاظ على الصورة واضحة المعالم.

فى هذا التصميم تتضمن آلية الزووم عمودًا أسطوانيًّا لتحريك العدسات بمقادير مختلفة، بطريقة تُسمى التعويض الآلى. ومع ذلك، ففى معظم عدسات الزووم الحديثة تبقى العدسة المفرقة ثابتة، بينما تتحرك العدستان الأخريان مع بعضهما بعضًا.

فلاش الكاميرا

يُستخدم الفلاش لإمداد التصوير الفوتوغرافى بالضوء عندما تكون الإضاءة الموجودة ضعيفة ـ مثل التصوير ليلاً، سواء فى الداخل أو فى الخارج. ويمكن أن تُستخدم الفلاشات فى ضوء الشمس أيضًا. ففى الأيام المشمسة تكون الظلال معتمة جدًّا. وإعطاء ومضة سريعة مضيئة يمكن أن ترفع من مستوى الإضاءة فى الأماكن المعتمة لإعطاء صورة أفضل.

وهناك نوعان رئيسيان من الفلاشات المستخدمة اليوم، الأول عبارة عن مصابيح تحدث ومضة خاطفة واحدة فقط؛ حيث يتوهج المصباح بسرعة بضوء ساطع. ولكن معظم الفلاشات الحديثة تحتوى على مصباح وميض إلكترونى يمكن أن يُستخدم مرارًا وتكرارًا. ومعظم الكاميرات بها فلاشات إلكترونية ملحقة بها.

والعديد من أجهزة الكاميرا المدمجة التى يستخدمها الأشخاص العاديون لالتقاط صور ضوئية مثل الصور العائلية وصور المناسبات، مجهزة بفلاشات من هذا النوع. وهى تحدث رجفة ضوئية قصيرة تعقبها ومضة واحدة ساطعة فى أثناء التقاط الصورة، وتلك الرجفة تحول دون ظهور «عين حمراء»، نتيجة انعكاس الضوء الساطع على خلفية العين. وهذا الانعكاس يجعل الحدقة السوداء عادة تبدو ملونة وحمراء فى معظم الأحوال.

وتتسبب الرجفة الضوئية الصادرة من فلاش الكاميرا فى حدوث تمدد سوسن أو قزحية العين، وانكماش فى حجم الحدقة، كما يحدث فى الضوء الساطع. وعندما تلتقط الكاميرا الصورة، تكون الحدقات فيها قد أصبحت صغيرة جدًّا، فلا تظهر ملونة؛ مما قد يفسد الصورة.

الفلاش الإلكترونى

يحتوى الفلاش الإلكترونى على حجر بطارية ومصباح لإحداث الوميض الساطع. وتستمد فلاشات الكاميرات الصغيرة طاقتها الكهربائية عمومًا من بطارية الكاميرا الرئيسية. ويتحول التيار المنخفض الجهد من البطارية إلى تيار عالى الجهد جدًّا، والذى يُستخدم لتشغيل مصباح الفلاش.

وهذا المصباح يحتوى على لوحين معدنيين فى جو من الغازات النادرة، ويتصل اللوحان، أو القطبان الكهربائيان بمكثف كبير، وهو أداة تحتجز شحنة كهربائية. ويتم شحن المكثف بالتيار عالى الجهد.

وعندما تعمل الكاميرا تؤخذ نبضة كهربائية من مكثف صغير إلى محول كهربائى فيحولها إلى عدة آلاف من الفولتات، والتى يتم تخزينها فى مكثف أكبر. وعندما يكون الوميض مطلوبًا، ينطلق الفولت العالى إلى اللوح المعدنى خارج مصباح الفلاش، مسببًا تأين الغاز الداخلى، أى أن الغاز يتحول إلى جزيئات مشحونة.

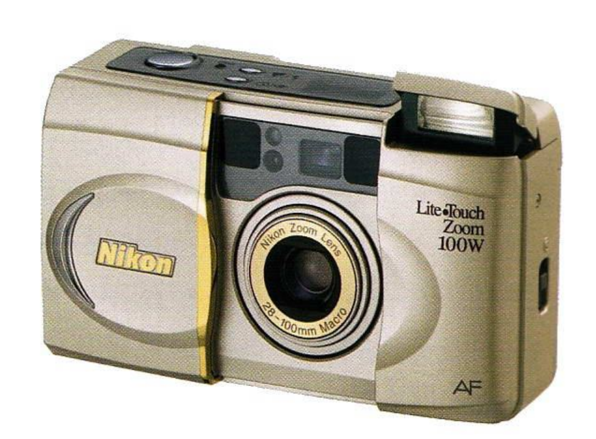
وهنا يكون الغاز قابلاً للتوصيل الكهربى. وعندما يتصل التيار عالى الجهد القادم من المكثف بالقطبين الواقعين داخل المصباح بصورة مفاجئة من خلال الغاز، ومرور شحنة الكهرباء السريعة خلال الغاز؛ فإن ذلك يؤدى إلى انطلاق ضوء ساطع. ويحتاج الفلاش إلى ثوانٍ قليلة بعد كل مرة؛ حتى يمكن استخدامه مرة أخرى.



▲ يستخدم المصورون المحترفون أجهزة القياس الضوئى لقياس ما يحتاجونه من شدة الضوء لتكوين صورة واضحة على الفيلم.

تحميض الصور الضوئية

عندما تلتقط الكاميرا صورة فوتوغرافية، فإن الصورة لا يمكن أن تظهر فورًا على الفيلم. ويجب أن يتم تحميض الفيلم أولاً، ويتم ذلك بإخراجه من الكاميرا ومعالجته بسوائل متعددة. وهذه السوائل تُظهِر الصورة وتجعلها ثابتة. والأفلام الفوتوغرافية يجب معالجتها فى ظَلام تام حتى إتمام عملية التحميض أو المعالجة؛ فأقل لمحة من الضوء كافية لإفساد الفيلم نهائيًا. وأحيانًا يحفظ الفيلم فى الظلام داخل حوض خاص لا ينفذ إليه الضوء، أو يتم إظلام الغرفة كلها. وحتى فى أثناء تحميض الفيلم فى هذا الحوض عادة ما يعمل المصورون فى الظلام؛ لأن الفيلم لابد أن ينتقل من الكاميرا إلى الحوض فى ظلام تام. وفى بدايات التصوير الضوئى، لم تكن الأفلام الحساسة تتأثر بالضوء الأحمر، وكان المصورون يستخدمون الضوء الأحمر بأمان. وكان يُعرف بالضوء الآمن فى أثناء معالجة الفيلم فى الغرفة المظلمة. إلا أن الأفلام الحديثة تتأثر بالضوء بجميع ألوانه، لذلك ليس هناك ضوء يعتبر آمنًا.



▲ العديد من الكاميرات الحديثة صغيرة جدًا. وهذه الكاميرا المدمجة بها محدِّد رؤية فوق العدسة. والصورة التى تُرى من خلال محدِّد الرؤية مختلفة قليلاً عن تلك التى تتكوَّن على الفيلم.

وهناك مرحلتان رئيسيتان لتحميض الفيلم: الإظهار، الذى تظهر من خلاله الصورة، والتثبيت الذى تصبح الصور من خلاله ثابتة. وبعد كل مرحلة؛ تتم إزالة المواد الكيميائية نهائيًا عن طريق الغسيل. وفى الأيام الأولى، عندما كان يمكن استخدام الضوء الأحمر بأمان، كان يمكن للمصورين أن ينظروا بسهولة إلى الفيلم لتحديد موعد وقف كل مرحلة والبدء فى المرحلة التالية. ولكن اليوم تُحفظن المواد الكيماوية فى درجات حرارة معينة؛ للتأكد من حدوث التأثير الضوئى الثابت دائمًا. لذلك لابد للمصورين من حساب وقت كل مرحلة بدقة.

ويذهب معظم المصورين الهواة بأفلامهم إلى الأستوديو أو إلى المتخصصين لتحميضها، وغالبًا ما يجرى هذا التحميض فى معمل مركزى؛ حيث تقوم الماكينات بتحميض مئات الأفلام آليًا فى ظرف ساعات.

لمحة تاريخية

فى عام 1727 اكتشف العالم الألمانى يوهان هاينريتش شولتز (1684-1744) أن الضوء يعتم محلول نترات الفضة. ثم فى عام



◄ يوجد نوعان من أفلام الكاميرات الحديثة: 35 ملليمترًا، ونظام الصور المتقدم أو المتطور (Advanced Photo System -APS). والفيلم البلاستيك مغطى بمواد حساسة للضوء. ويمكن لأفلام APS أن تلتقط صورًا فى ثلاثة أحجام مختلفة، ولكن بجودة أقل مقارنة بالفيلم 35 مم.

1802، أعلن الكيميائيان البريطانيان همفرى ديفى (1778-1829) وتوماس ويدجوود (1771-1805) عن اختراعهما طرق كيفية إنتاج صور ظلِّية لأشياء بنقع ورق وجلد فى نترات الفضة وتعريضها بعد ذلك للضوء. كما أنتج جوزيف نيسفور نيبيسى أول نيجاتيف عام 1816 بوضع قطعة من الورق الحساس فى آلة تصوير. وفى عام 1830 قام الرسام الفرنسى لويس جاك - مانديه داجِرّ (1789-1851) وعالم الطبيعة البريطانى ويليام هنرى فوكس تالبوت (1800-1877) باتخاذ خطوة جديدة بطبع صور حقيقية موجبه من الصورة السالبة. حيث استخدم داجر ألواحًا معدنية مغطاة بيوديد الفضة (AgI)، بينما استخدم تالبوت ورقًا مغطى بكلوريد الفضة (AgCl).

وفى عام 1888، قدم المخترع الأمريكى جورج إيستمان (1854-1932) شريطًا فيلميًّا، وأسس شركة كوداك. وقد استخدم مستحلب الجيلاتين المخلوط بمادة بروميد الفضة الرطبة (AgBr) بوضعه على ظهر ورق فى البداية، ولكنه سرعان ما استخدم مادة السيلولويد البلاستيكية بدلاً من الورق. وفى عام 1935 تم تطوير الفيلم الملون لإنتاج صور شفافة، وتم إنتاج النيجاتيف الملون عام 1942.

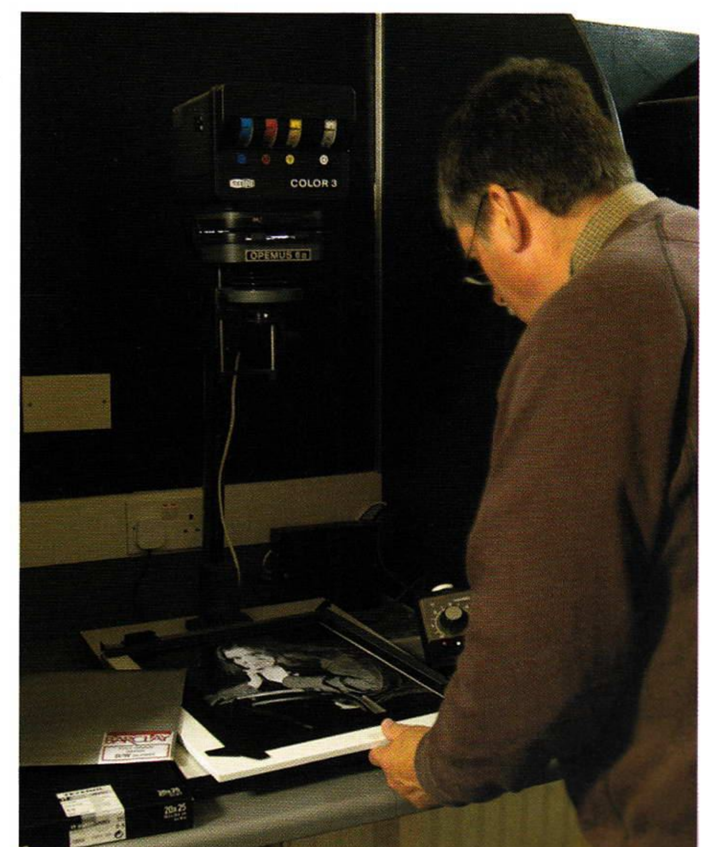
التحميض

الفيلم الفوتوغرافى مغطى من جانب واحد بملايين البلُّورات الصغيرة من مادة بروميد الفضة، مثل ذرات الملح الدقيقة جدًّا. وتلك البلّورات يتغير لونها عندما تتعرض للضوء. وعندما يُفتح غالق الكاميرا تتشكل ذرّات أو حُبيبات دقيقة من الفضة على سطح كل بلّورة فى طريق الضوء. وتكون هذه الذرّات من الفضة المعدنية صغيرة جدًّا بحيث لا يمكن أن تُرى بالعين المجردة، ومن دون وضعها تحت ميكروسكوب قوى. ومع ذلك فهى شديدة الأهمية؛ لأنها تسجيل غير مرئى للصورة، وتُسمى الصورة المستترة Latent Image .

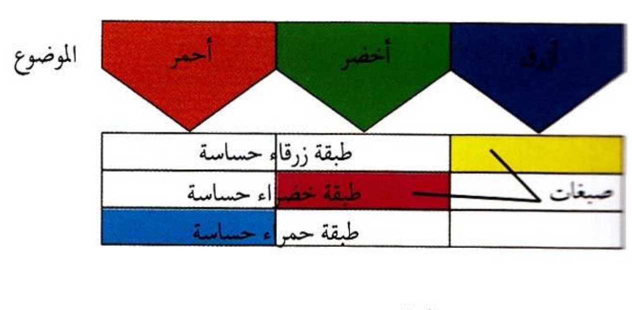
ظهور البلّورات

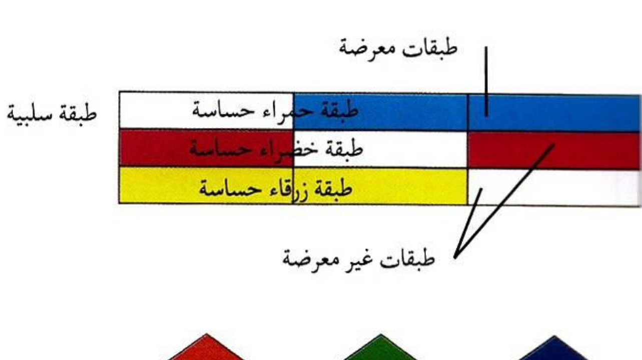
عندما تُسكب المواد الكيميائية المُظهِرَة فوق الفيلم، تبدأ حبيبات الفضة فى النمو. وبعض الفضة التى تجعل الحبيبات تنمو يأتى من بلّورات بروميد الفضية ذاتها. ويحتوى المُظهِر على مواد كيماوية تجعل بلورات بروميد الفضة تتحلل وتنقسم إلى فضة خالصة، وتأتى بقية الفضة من المُظهِر ذاته، والفضة هى التى تجعل الفيلم وعملية التحميض غالية الثمن.

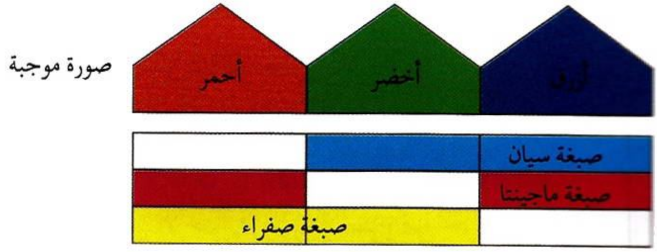
وسرعان ما تنمو حبيبات الفضة وتكبر حتى يمكن رؤيتها. وكل ذرّة لا تزال صغيرة، فلا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ولكنها مُجتمعة تشكِّل صورة. والأماكن التى تكون فيها حبيبات



► فى الصورة جهاز تكبير. وفيه، يلمع الضوء من خلال الصورة السالبة فى أعلى الماكينة، ثم يسقط الضوء على ورقة حساسة للضوء فى الأسفل مكونًا صورة موجبة. ويمكن أن يتغير حجم الصورة الموجبة عن طريق ضبط العدسة.







◀ هذا الشكل يوضح كيف يعمل فيلم الشرائح الشفافة. حيث تتكون الصبغات على الأجزاء غير المعرضة للضوء من الفيلم، وعندما تتجمع تعيد الطبقات إظهار الألوان الأصلية.

الأفلام الملونة وما يماثلها

تعمل الأفلام الملونة بأسلوب مختلف قليلاً عن الفيلم الأبيض والأسود؛ وتحتاج معالجة مختلفة. وتسمى تلك الأفلام مولدات الأصباغ؛ لأن ذرّات الفضة التى تشكل الصورة تحل محلها نماذج صبغية أثناء المعالجة. وتتكون الصورة من الفضة، ولكن من نماذج صبغية.

وكل الأفلام الملونة مغطاة بثلاث طبقات من حُبيبات بروميد الفضة بدلاً من طبقة واحدة فقط. وكل طبقة من هذه الطبقات الثلاث حساسة تجاه ألوان مختلفة ـ الأحمر والأخضر والأزرق. ومع ذلك، فتلك الطبقات ذاتها ليست ملونة. وعند استخدام المُظْهِر تتشكل ثلاث صور من ذرات الفضة، كل صورة منها تشبه تمامًا صورة الفيلم الأبيض والأسود. وتحصل الصور الثلاث على ألوانها خلال المرحلة الثانية من عملية التحميض.

كل بلّورة من بروميد الفضة فى الفيلم متصلة بوسيلة كيميائية تُسمى رابط اللون، وعندما تتحول بلّورات بروميد الفضة التى تعرضت للضوء إلى فضة، تتحد الفضلات الناتجة مع تلك المادة الرابطة للألوان، فتتكوَّن الأصباغ. ولا تتكون الأصباغ إلا حيث تتحول البلّورات إلى فضة، كما أنها تتشكل حسب نموذج ذرّات الفضة كثيرة، تكون غامقة، وحيثما كانت الحبيبات قليلة، تكون فاتحة اللون.

وعندما يكتمل الظهور يمكن رؤية الصورة على الفيلم إذا أضيء المكان، ومع ذلك فعملية التحميض لا تكون قد انتهت بعد، ولابد أن يظل الفيلم فى الظلام؛ لأن بلورات بروميد الفضة التى ليست جزءًا من الصورة ما زالت باقية على الفيلم. فإذا ما تعرضت للضوء فستصبح الصورة معتمة بأكملها، فقبل أن يضىء المصور المكان يجب أن يزيل تلك البلّورات، وهذا دور المُثَبِّت.

التثبيت

ودور المُثَبِّت هو تحويل بلورات بروميد الفضة غير المستخدمة إلى مواد غير حساسة للضوء. ويمكن إزالة هذه المواد بعد ذلك بالماء. والمثبت ليس له تأثير على ذرّات الفضة.

والمادة الكيميائية الرئيسية فى المثبت هى ثنائى كبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$). وتحتوى معظم المثبتات على حامض ضعيف، ويزيل هذا الحامض أى أثر باقٍ للمُظْهِر على الفيلم بعد تحميضه.

هل تعلم؟

كاميرا شميت هى تلسكوب يلتقط صورًا فوتوغرافية لمناطق شاسعة من السماء. وكاميرات شميت الضخمة يمكن أن تبين أكثر من مليون نجم بوضوح. وداخل هذه الكاميرات مرآة نصف كروية لتركيز الضوء القادم من النجوم. وتجمع المرآة الكبيرة كثيرًا من الضوء القادم حتى من النجوم الخافتة. ولكن الضوء لا يتركز فى صورة واضحة المعالم. وفى عام 1932، اخترع بيرنهارد شميت (1879-1935) عدسات تصحيح لتركيز الضوء من حافة المرآة إلى المكان ذاته مثل الضوء القادم من المركز؛ مما جعل الصورة أكثر وضوحًا.

الفضة ذاته. وعندما تُرى الصور الثلاث مجتمعة تختلط الألوان لتظهر صورة المشهد بألوانه المختلفة.

وكما فى الفيلم الأبيض والأسود، تكون الصورة المحمضة سلبية. وهكذا تكون كل الظلال والألوان معكوسة، ففى الطبقة المسجلة للضوء الأحمر تتشكل صبغة أزرق فاتح، وفى الطبقة التى تسجل اللون الأخضر تتشكل صبغة أرجوانية، وفى الطبقة التى تسجل الضوء الأزرق تتشكل صبغة صفراء.

ولا تنتهى المعالجة بمجرد تكون الألوان. فلابد من تثبيت الفيلم الملون لإزالة بلورات بروميد الفضة غير المستخدمة. ومع ذلك، بالإضافة إلى التثبيت، لابد للفيلم الملون أيضًا أن يخضع لعملية تسمى التبييض؛ لإذابة الصور الفضية، التى لم يعد هناك احتياج لها، وعادة تجرى عملية التثبيت والتبييض فى الوقت ذاته فيما يُعرف بحمام مُبيِّض مثبِّت.

من السالب إلى الموجب

تتشابه الطباعة جدًّا مع التقاط صورة بالكاميرا؛ حيث تستخدم آلة تسمى المُكبِّر. وفى المُكبِّر يشع ضوء من خلال الصورة السالبة المثبتة وتقوم عدسة فى المكبِّر بإسقاط الصورة على صفحة ورق بيضاء مغطاة ببلّورات بروميد الفضة. ولا تتفاعل ورقة الطبع مع ألوان ضوئية معينة؛ لذلك يمكن للمصور استخدام ضوء آمن فى الغرفة المظلمة أثناء الطباعة. والصورة التى تتكون على الورقة تكون سالب الصورة السالبة؛ لذلك فهى تظهر الظلال والألوان بالطريقة الصحيحة، وتسمى صورة «موجبة».

وفى حالة الشرائح الشفافة يستخدم فيلمٌ ينتج صورة فضية سالبة. وخلال التحميض، تنعكس الصورة كيميائيًّا إلى موجبة. ولهذا السبب تُسمى الشرائح الشفافة أفلامًا معكوسة (إيجابية)، وتقوم رابطات الألوان بتكوين الصبغة فى المناطق التى لم يتم تعريضها، فلا تتكوَّن الفضة. وعندما تتحد طبقات الألوان تأخذ الصورة ألوانها الصحيحة.

والأفلام السلبية يمكن أيضًا مسحها أوتوماتيكيًّا، وطباعة الصور مباشرة منها على ورق التصوير باستخدام الليزر الملون أو صمامات ثنائية باعثة للضوء. ويمكن لبرنامج الكمبيوتر أن يحسِّن الصورة قبل الطباعة لإظهار ألوان أكثر حيوية. وتفاصيل أكثر دقة، وظلال أقل قتامة من المتاح بالمعالجة التقليدية للفيلم، وهذه الطريقة يمكن أن تحسِّن إلى حدٍّ كبير طباعة الصور التى كان تعريضها للضوء رديئًا.

التصوير الضوئى عالى السرعة

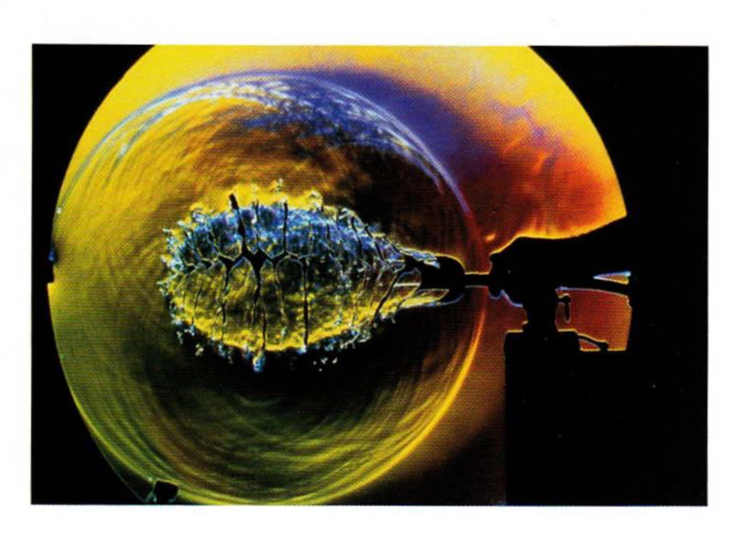
تحدث بعض الأحداث بسرعة أسرع من حركة غالق الكاميرا، مثلاً، رصاصة تنطلق من ماسورة البندقية. لذلك يتطلب تصوير مثل هذه الأحداث كاميرات ذات سرعات عالية.

والتصوير الفوتوغرافى عالى السرعة يتطلب زمن تعريض قصيرًا جدًّا، حتى يمكن للضوء السقوط على الفيلم لوقت قصير فقط. ولتحقيق ذلك، لابد أن يكون الهدف شديد الإضاءة بواسطة فلاش. ويحتاج الفلاش لأن يُطلق فى وقت التقاط الصورة ذاته تمامًا. بشرط انطلاق ومضة قصيرة شديدة السطوع.

وفى الكاميرات عالية السرعة يمر الفيلم بصورة مستمرة مثل كاميرات السينما، ولتجنب التشويش أو الضبابية، وُضعت مرايا ومنشورات لكسر الضوء، تدور بالسرعة ذاتها.

التصوير الفوتوغرافى الشعاعى

عندما يريد الناس أن يصوروا أشياء غير ملونة، يستخدمون التصوير الشعاعى، وهذه التقنية يمكن استخدامها لتصوير تدفق الهواء حول جناح الطائرة مثلاً. والاسم مشتق من الكلمة الألمانية التى تعنى «شعاعات»، وجاء هذا الاسم من العيوب التى تظهرها هذه التقنية فى الزجاج حيث ينكسر الضوء المار بأى مادة شفافة. وتعتمد كمية الانكسار على نوع المادة. ويستطيع التصوير الشعاعى اكتشاف المسارات المختلفة والعديدة التى يسلكها الضوء وهو يمر عبر المادة.



▲ **هذه الصورة الفوتوغرافية الشعاعية schlieren توضح انفجار بالون لعبة مملوء بالهواء نتيجة ضغط عالٍ جدًّا.**

التطعيم ضد الأمراض

التطعيم يحمى الناس من الأمراض. والشخص الذى يأخذ التطعيم يُحقن بخلايا جرثومية ميتة أو ضعيفة للغاية. وهذا يجعل الجسم يُنتج أجسامًا مضادة، هى دفاعاته ضد الجراثيم. وفيما بعد، يكون الجسد قادرًا على استخدام هذه الأجسام المضادة لقتل أية جرثومة حية تحاول غزوه.

التطعيم هو أن يُعْطَى الإنسان مادة تسمى «الطُّعم»، ويمكن أن يتم إدخالها إلى الجسم بالحقن أو عن طريق الفم. ويحتوى الطُّعم على البكتريا أو الفيروس الذى يتسبب فى مرض معين. ووجود هذه المادة الغريبة داخل جسم الإنسان يجعل الجهاز المناعى ينشط لمحاربتها، بالضبط كما يحدث عندما تهاجم الجسم أية جراثيم مُمرضة. ونتيجة لذلك؛ يقوم الجسم ببناء دفاعاته على شكل أجسام مضادة؛ وهى عبارة عن مواد بروتينية خاصة تعطى الجسم مناعة ضد هذه الجرثومة بعينها. وبهذه الطريقة، لا يمكن أن يُصاب الإنسان بهذا المرض فيما بعد.

وإذا كان الطُّعم يحمل بكتريا أو فيروسات عالية العدوى، فقد يصاب الإنسان بالمرض ذاته الذى يُفترض أن يمنعه التطعيم. ولذلك يتكون الطُّعم من بكتريا أو فيروسات ميتة، أو من كائنات دقيقة تم إضعافها وأصبحت لا تمثل أية خطورة.

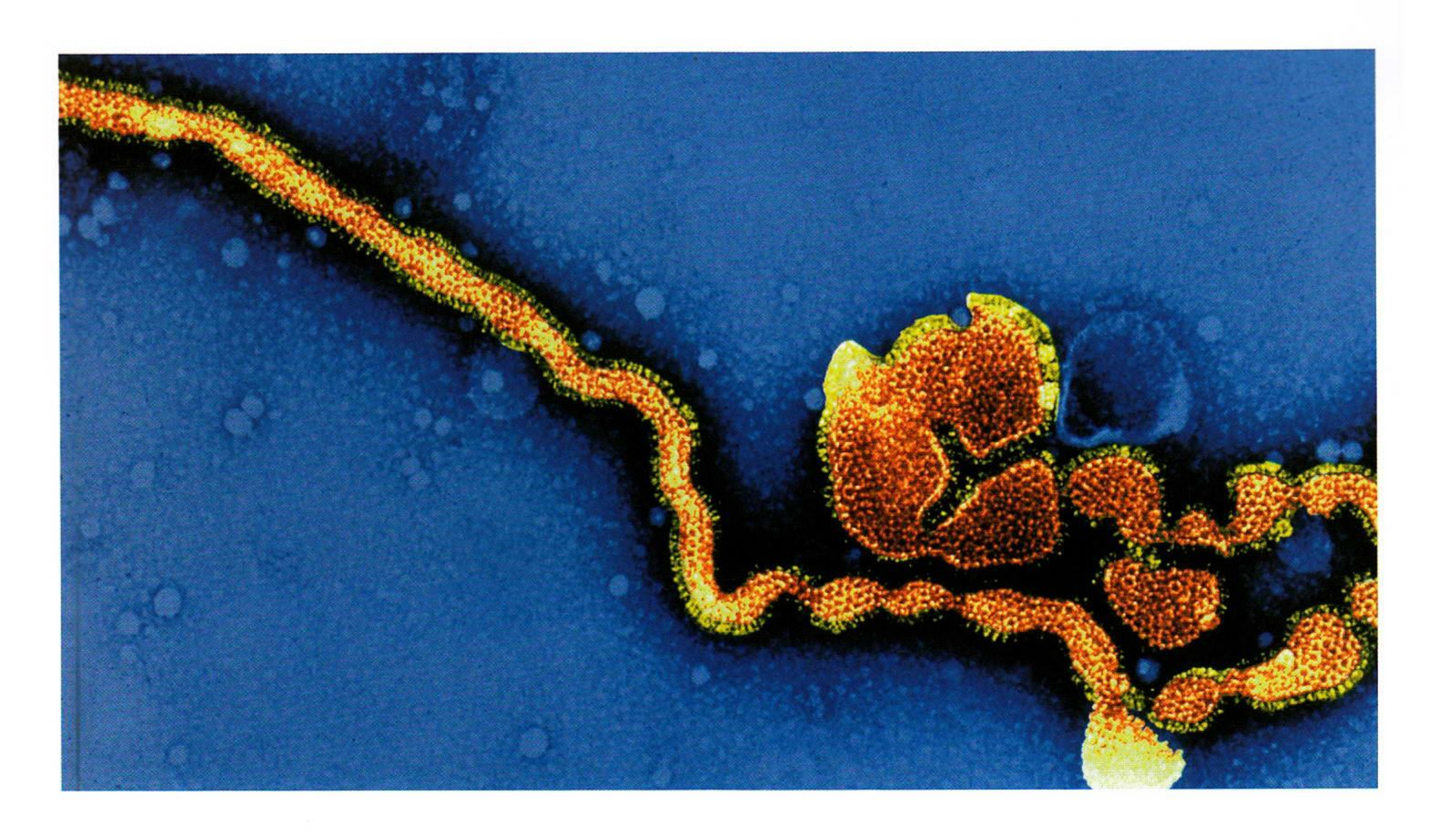
التطعيمات الأولى

فى أواخر القرن الثامن عشر، لاحظ الطبيب الإنجليزى إدوارد جينر (1749-1823) أن عاملات اللبن اللائى أُصبن بجُدَرى الأبقار (وهو مرض بسيط وسريع الشفاء) يبدو أن لديهن مناعة ضد مرض الجُدَرى، وهو مرض كان يقتل الكثيرين فى ذلك الوقت. فقرر جينر أن يعرِّض الناس لمرض جدرى الأبقار عن عمد؛ ليرى إن كان يحميهم من الإصابة بالجدرى.

ولكى يفعل هذا، كان جينر يحقن السائل الذى تفرزه بثور جدرى الأبقار فى جسم الناس الذين كانوا معرضين للإصابة بالجدرى. ونتيجة لذلك؛ اكتشف جينر أن مرضاه أخذوا مناعة

▼ حقق التطعيم ضد الجُدَرِى، باستخدام عبوة كتلك الظاهرة فى الصورة، نجاحًا باهرًا على مستوى العالم. وفى عام 1979، أعلنت منظمة الصحة العالمية أن مرض الجُدَرِى قد انقرض تمامًا.





▲ **صورة مأخوذة بالميكروسكوب الإلكترونى تُظهِر فيروس الأنفلونزا من نوع (C). وفيروسات الأنفلونزا تقسم إلى أنواع، هى(A) أو(B) أو (C). والنوعان الأولان،(A) و(B)، خطيران ويحاول العلماء إيجاد تطعيم ضدهما. أما النوع (C) فهو يُسَبِّب مرضًا خفيفًا، يشبه الإصابة بالبرد بشكل عام؛ ومن ثم لا يعمل أحد على وضع تطعيم له.**

ضد الجدرى. وكان سائل جدرى الأبقار مفيدًا؛ لأن فيروس جدرى الأبقار يماثل فيروس الجُدرى. وكان الدفاع الذى يهيئه الجسم ضد جدرى الأبقار يؤدى مهمة الحماية من الجدرى. وسُميت التقنية التى استخدمها جينر «التطعيم»، أو «vaccination»، والاسم الإنجليزى مأخوذ من الاسم العلمى للفيروس المسبب لمرض جدرى الأبقار.

كيف يعمل التطعيم؟

عندما يُهاجَم الجسم بالكائنات الدقيقة، أو الميكروبات، يكون له رد فعل لمحاربتها، ويحدث ذلك بطريقتيْن. ينتج الجسم مواد كيميائية تسمى الأجسام المضادة تقوم بتدمير الميكروبات. كما ينتج خلايا تستطيع فيما بعد أن تتذكر هذا النوع من الميكروب فى أية إصابة تالية. وتتجمع هذه الخلايا حول الميكروبات، وتجتذب خلايا أخرى مهمتها ابتلاع الكائنات الدقيقة المسببة للمرض. وهذه الطريقة تسمى «المناعة عن طريق الخلايا المناعية».

ويُعْطَى التطعيم ليجعل جهاز المناعة يظن أنه أُصيب بالمرض. وهذا يجعله يهيئ الدفاعات ضد هذا الميكروب، أى الأجسام المضادة والخلايا المناعية. فإذا حدث فيما بعد أن تعرض الشخص للميكروب ذاته، فإن دفاعات الجسم تكون جاهزة لتدميره.

الطُّعوم الحية

أكثر التطعيمات تأثيرًا هى تلك التى تحتوى على فيروسات أو بكتريا حية. ولكن من غير الممكن حقن الإنسان بالأحياء الدقيقة الخطرة بحالتها العادية. فلو حدث هذا لأصيب الناس بالمرض ذاته. وبدلاً من ذلك، لابد من معالجة الفيروس أو البكتريا بطريقة تجعلها آمنة، أو ضعيفة. ويتم ذلك بتربية الميكروبات لأجيال عديدة تحت ظروف شديدة الدقة والتحكم. وفى هذه الظروف، تفقد الميكروبات ببطءٍ قدرتها على أن تسبب المرض، لكنها تظل محتفظة بقدرتها على تنشيط الجهاز المناعى فى الجسم.

وعندما تُعْطَى هذه الميكروبات الضعيفة على شكل تطعيم، تزداد وتنمو داخل الجسم، ويبنى الجسم دفاعاته ضدها. ولكن لأنها ضعيفة؛ فإنها لا تسبب الأعراض ذاتها التى يسببها المرض. ومن الأمثلة الجيدة لطُّعم الجرثومة الضعيفة، التطعيم ضد

هل تعلم؟

يعتقد أطباء الأسنان أنه سيكون بمقدورهم فى خلال 15 عامًا تطعيم الأطفال ضد تسوس الأسنان. وقد عولجت القرود بالفعل بنسبة نجاح من 60 إلى 80 فى المائة، على الرغم من السماح لهم بأكل الكثير من الكعك والشيكولاتة والحلوى.

مرض شلل الأطفال. ويُصَنَّع الطُّعم من فيروس شلل الأطفال الضعيف الذى تمت زراعته فى خمسينيات القرن العشرين. ولا يُحقن الطُّعم، ولكنه يُعطى عن طريق الفم؛ لأن فيروس شلل الأطفال يصيب الإنسان عن طريق الفم، ثم يتجه إلى الأمعاء. ولهذا فإن إعطاء الطُّعم عن طريق الفم يُحِثُّ دفاعات الجسم فى المكان المطلوب تمامًا، أى فى جدران الأمعاء.

الطُّعوم الميتة

فى بعض الحالات، من غير الممكن إنتاج نسخة ضعيفة من الفيروس أو البكتريا. ولكى نحصل على طُعم منها، تُربى البكتريا أو الفيروسات بكميات كبيرة ثم تُقتل بحرص. وتُعالج هذه الميكروبات الميتة لاستخراج مواد تُستخدم للتطعيم.

وتقوم الميكروبات بتنشيط دفاعات الجسم عن طريق مواد كيميائية تسمى «مولِّدات الأجسام المضادة»، أو «الأنتجينات». ولكل ميكروب الأنتجينات الخاصة به، وهذه المواد موجودة على سطح البكتريا أو الفيروس وهى التى تحث على إنتاج الأجسام المضادة والخلايا المناعية. والطُّعم المصنوع من الميكروبات الميتة يحتوى على هذه الأنتجينات السطحية؛ ولهذا فهى تجعل الجسم يجهز دفاعاته.

وهذه الطُّعوم الميتة أقل خطورة من الطُّعوم الحية؛ لأنها لن تسبب نمو أية جراثيم معدية داخل الجسم. ولكن، لابد من إعطاء جرعتيْن من الطعم الميت. فالجرعة الأولى تجعل الجسم ينتج كمية قليلة جدًّا من الخلايا الدفاعية، وهى خلايا لا تستمر طويلاً. ولكن الجرعة الثانية، والتى تسمى الجرعة المُنَشِّطة، تكون نتيجتها إنتاج كمية أكبر كثيرًا من الأجسام المضادة والخلايا المناعية، وتجعل الجهاز المناعى قادرًا على التعامل بكفاءة مع أية إصابة بالنسخة الحية من البكتريا أو الفيروس.

نهاية الجُدَرِى

أدى اختراع تطعيم الفاكسينيا المضاد للجدرى إلى أعظم قصة نجاح للتطعيم حتى الآن. وفى الماضى، كان الجدرى هو أسوأ الأمراض التى يخشاها الناس. كان كثير من الناس يموتون نتيجة الإصابة به، ومن لا يموت، يعيش بجلد مغطى بندوب بشعة.

وفى القرن العشرين، بدأت حملات واسعة المدى للتطعيم ضد هذا المرض، واختفى الجدرى تدريجيًّا من أوروبا وأمريكا الشمالية. وكان لابد من تطعيم كل من يسافر خارج هذه المناطق، وبدأت



احد العلماء يزرع أطباق «بترى» بخلايا فيروس تم إضعافه لاختبار طُعم للحماية ضد فيروس مرض التهاب الدماغ اليابانى. وهذا الفيروس الخطير يمكن أن يسبب الشلل، والغيبوبة، والموت.



◄ممرضة فى إحدى العيادات الاجتماعية فى لوزاكا، زامبيا، تعطى الطُعم الثلاثى للأطفال. وهذا التطعيم يحميهم ضد الدفتريا، والتيتانوس، والسُعال الديكى. والتطعيم هو طريقة رخيصة التكلفة للحماية من الأمراض المعدية، لقد كان لبرامج التطعيم تأثير هائل فى تحسين صحة الإنسان فى العالم كله.

حملات تطعيم فى بلاد أخرى كثيرة. وأصبح الناس الذين يصابون بهذا المرض أقل عددًا بمرور الوقت، حتى أعلنت منظمة الصحة العالمية رسميًا، فى عام 1980، أن المرض قد انقطع تمامًا من العالم.

أمراض البرد والإنفلونزا

هناك نوع واحد من فيروس الجدرى، ومن ثم كان الأمر فى حاجة إلى نوع واحد من الطُعوم. ولكن الفيروسات التى تسبب أمراض البرد والإنفلونزا الشائعة مختلفة عن ذلك تمامًا، هناك مئات من الأنواع المختلفة، تسمى تنويعات للفيروس ذاته. وكل تنويع له أنتجينات مختلفة على سطحه. والطُعم المنتج ضد أحد الأنتجينات لا يحمى من الأنواع الأخرى.

وهذه المشكلة لم يتم التغلب عليها مع البرد العادى، لكن بالنسبة إلى الإنفلونزا هناك بعض النجاح. فعادة ينتشر نوع أنتجينى واحد من فيروس الإنفلونزا كل عام. وعندما يختفى أحد الأنواع، يتطور نوع آخر ليحل محله. وتظل منظمة الصحة العالمية تراقب بحرص ظهور الإنفلونزا فى كل مكان من العالم، وبمجرد أن يظهر نوع جديد ويبدأ فى الانتشار، يعمل العلماء على استخلاص طُعم ضده. وحينئذ يمكن استخدام هذا الطُعم فى بلاد كثيرة قبل أن يبلغها الفيروس الجديد.

التطعيم ضد السرطان

لن يتمكن طُعم واحد من منع السرطان. فالطُعم يمكنه أن يجهز دفاعات الجسم ضد الميكروبات الغازية مثل البكتريا والفيروسات. وهناك شك فى وجود فيروسات مسئولة عن أمراض السرطان، لكن ذلك غير مؤكد، وليس من السهل البرهنة عليه.

ولكن، هناك فيروس واحد ـ هو فيروس ابستين بار ـ تأكدت بلا شك علاقته بنوع نادر من السرطان يصيب الأنف والحلق والعنق. وقد أجريت أبحاث كثيرة لتطوير طُعم لاستخدامه ضد هذا الفيروس، لكن من الصعب الحصول على الكيميائيات الأنتجينية من الفيروس فى شكلها الخالص. ومن دون هذه الكيميائيات، من المستحيل إنتاج طُعم فعّال.

التكنولوجيا الطبية

التكنولوجيا الطبية هى التطبيقات العلمية على الطب. تلعب التكنولوجيا دورًا حيويًّا فى كل مجالات الطب الحديث، من التشخيص والوقاية من الأمراض، إلى العلاج الدوائى، والعلاج بالإشعاع، والجراحة.

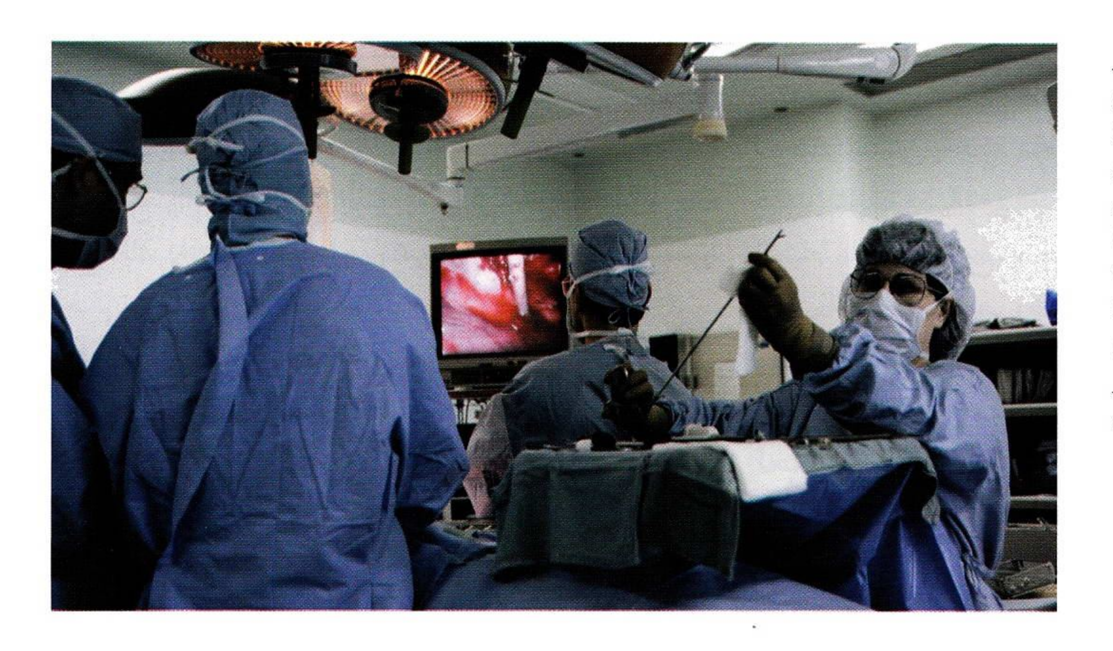
يعتبر الطبيب الإغريقى أبقراط (تقريبًا 460- 377 ق.م) هو الأب المؤسس للطب الحديث. فعلى عكس معاصريه الذين اعتقدوا أن الأمراض كانت عقابًا من الآلهة أو بسبب الأرواح الشريرة، قدم أبقراط شرحًا للمرض يقوم على الأسباب الطبيعية. وقد أكد على أهمية عملية شفاء الجسد لنفسه، ووصف لمرضاه النظافة، ونظامًا غذائيًّا جيدًا، وكثيرًا من الراحة، كعلاج لكل الأمراض.

وقبل أبقراط بمئات السنين، فى مصر القديمة، كان الطب قد أحرز بعض التقدم على أيدى الكهنة الأطباء الذين قاموا بوصف العلاجات، بل أجروا بعض العمليات الجراحية البسيطة.

وقد قام العرب بترجمة كتب أبقراط، وبحثوا الكثير من المسائل الطبية، وأضافوا اكتشافات طبية وعلاجات قائمة على استخدام الأعشاب، وكانوا يصنعون منها شرابًا وأقراصًا وأمصالاً من أنواع كثيرة، كما وصفوا تشريح الجسد والدورة الدموية والجهاز العصبى والجهاز الهضمى وغير ذلك. واشتهر من بينهم أطباء عظام كانت لهم الكثير من الكتب التى ترجمت فيما بعد إلى اللغات الأوروبية، ومن أشهرهم الرازى (الذى عاش فى القرن التاسع الميلادى) وابن سينا (ولد فى القرن العاشر، وتوفى فى 1057)، وابن النفيس (عاش بين القرنين الثانى عشر والثالث عشر)، وهو الذى شرح الدورة الدموية الصغرى بين القلب والرئتين، والتى لم يلتفت إليها العلماء المحدثون حتى أعيد اكتشافها فى القرن العشرين.

وكان نشر أول كتاب مفصَّل لتشريح الإنسان فى 1543، من تأليف المُشرِّح البلجيكى أندرياس فيساليوس (1514-1564)، يعتبر أساسًا علميًّا للطب. وبعد ذلك، فى 1628، قام الطبيب الإنجليزى والمُشرِّح ويليام هارفى (1578-1657) بوصف الدورة الدموية فى الجسم. وحدث تطور آخر مهم هو اختراع الميكروسكوب، والذى سوف يساعد فيما بعد الكيميائى الفرنسى لويس باستير (1822-1895) على تطوير نظريته عن الأمراض. وفى هذا الوقت، كان الطبيب الإنجليزى إدوارد جينر (1749-1823) قد طوَّر أيضًا مفهومه للتطعيم ضد الأمراض.

وتقدمت التكنولوجيا الطبية بسرعة فى القرن التاسع عشر. فقد تبع اكتشاف باستير للميكروبات، أن أكد الطبيب الإنجليزى



◄ جراح يقوم بإدخال المنظار الطبى من خلال فتحة صغيرة فى جسد المريض. وهناك كاميرا مثبتة فى نهاية المنظار تجعل فريق الجراحين يرون داخل الجسد على شاشة عرض (مونيتور). وهكذا يستطيع الجراحون إجراء العملية باستخدام أدوات جراحية مثبتة إلى جانب الكاميرا. ومثل هذا التدخل الجراحى المصغر أكثر أمانًا بكثير وأقل إجهادًا للجسد من الجراحات التقليدية المعتادة.



إخصائية الأشعة تدرس فحص الكمبيوتر للمخ لتعرف مدى التلف الذى أصاب المخ بعد إصابته بجلطة. وقد تطورت هذه التقنية فى الستينيات من القرن العشرين على يد المهندس الكهربائى الإنجليزى جودفرى هاونسفيلد (1919-2004).

جوزيف ليستر (1827-1912) الحاجة إلى التطهير أثناء إجراء الجراحة. وأفاد المرضى أيضًا من تطور عقارات التخدير مثل الإثير، وأوكسيد النيتروز، والكلوروفورم. وتم تطوير عدد من أدوات التشخيص أيضًا، مثل سماعة الطبيب، وأشعة إكس، وجهاز قياس الضغط. وقد أحدثت تكنولوجيا الكمبيوتر وعلم الجينات الوراثية ثورة فى الطب الحديث.

أدوات التصوير الطبى

تساعد أدوات التصوير الطبية الأطباء على النظر داخل الجسم البشرى دون الحاجة لعمل جراحات استكشافية. والتصوير الطبى جزء أساسى من التشخيص الطبى. وتقوم آلات الفحص المختلفة بتسجيل صور لمختلف أجزاء الجسم البشرى.

اكتشف الطبيب الألمانى فيلهلم رونتجين (ويعرف أيضًا باسم وليام رونتجين، 1845-1923) أشعة إكس فى عام 1895. وسرعان ما تبع ذلك اختراع أجهزة أشعة إكس، وهى مفيدة فى أخذ صور لأجزاء الجسم الداخلية الكثيفة، العظام. وعندما تمر أشعة إكس خلال الجسم، تمتص العظام هذه الأشعة وترسم ظلاً أبيض على لوحة التصوير الحساس. وبهذه الطريقة، يمكن أن تكشف أشعة إكس مدى الضرر الذى أصاب العظام المكسورة، والتكتلات الموجودة فى الأوعية الدموية، والأجسام الغريبة داخل الجسم.

ويعترف الأطباء بأن هناك بعض الخطر فى التعرض لأشعة إكس. ويعتمد التصوير بالمسح بالموجات فوق الصوتية أو «الألتراسونيك» بديلاً أكثر أمانًا. ويستخدم جهاز الألتراسونيك موجات صوتية أعلى كثيرًا من نطاق سمع الأذن البشرية. ويمكن استخدام الموجات فوق الصوتية لتصوير داخل القلب، أو الرحم أو غيرهما من أعضاء الجسم الرقيقة. وتنتقل الموجات داخل الجسم حتى تصل إلى العضو الذى يُراد فحصه. وبعض الموجات تنعكس على العضو، وتُشكِّل هذه «الأصداء» الصادرة صورة على شاشة الكمبيوتر. ويمكن- فى الغالب- اكتشاف حدوث تلف أو مرض فى المخ عن طريق صور الموجات فوق الصوتية.

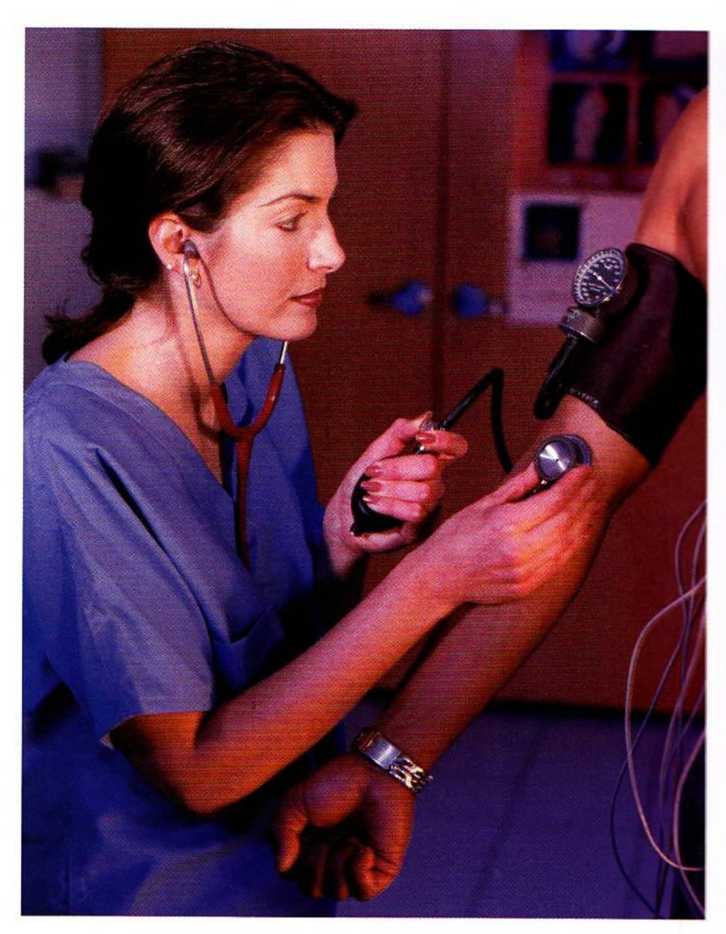
وهناك تطورات أحدث فى التصوير الطبى، من ضمنها الرسم السطحى الكمبيوترى، والتصوير بالرنين المغناطيسى، والتصوير السطحى بانبعاثات البوزيترون. ويستخدم الرسم السطحى الكمبيوترى أشعة إكس ليعطى صورة ثلاثية الأبعاد لداخل الجسم. أما الرنين المغناطيسى فيستخدم حقولاً مغناطيسية قوية وموجات لاسلكية ليعطى صورة ثلاثية الأبعاد ودقيقة التفاصيل لتركيب الأنسجة. ويقوم التصوير بانبعاثات البوزيترون بالكشف عن وظائف الجسم، مثل وظائف الأيض فى المخ (والأيض، أو التمثيل الغذائى، هو وظيفة مهمة تقوم بها الخلايا)، وذلك بقياس امتصاص الجسم للمواد النشطة إشعاعيًا.

أجهزة الرصد الطبية

الأدوات التى تقيس مختلف النواحى الفسيولوجية (وظائف الأعضاء) تسمى بأجهزة الرصد الطبية. وهذه الأدوات تسجل وظائف مثل ضغط الدم، معدل ضربات القلب، معدل التنفس، والنشاط الكهربى للمخ. وأجهزة الرصد الطبية تلعب دورًا بالغ الأهمية فى التشخيص، وكذلك فى ملاحظة المرضى الذين يكونون تحت التخدير أثناء إجراء عملية جراحية.

السماعة الطبية

أول شىء يقوم به الأطباء عند فحص أحد المرضى هو الاستماع إلى صدره باستخدام سماعة طبية. هذه الأداة تساعد



▲ طبيبة تقيس ضغط الدم لمريضها باستخدام جهاز قياس الضغط والسماعة الطبية.

الأطباء على سماع الأصوات الصادرة عن القلب والرئتين، الأمر الذى يعطى مؤشرًا على مدى سلامتهما.

وفكرة السماعة الطبية طرأت للطبيب الفرنسى رينيه لاينيك (1781-1826) فى عام 1816. كانت الأداة التى استخدمها أنبوبة خشبية رفيعة طولها حوالى قدم واحد (30 سنتيمترًا)، ولها فتحة أشبه بالناقوس عند أحد طرفيها. أما السماعة الطبية الحديثة، التى تطورت على يد الطبيب الأمريكى جورج بى. كامان (1804-1863)، فلها سماعتان للأذنين متصلتان بأنبوبتين معدنيتين، تتصلان بقطعة معدنية للصدر عن طريق أنبوبة من المطاط المرن. وقطعة الصدر لها جزءان: أحدهما ناقوس معدنى قليل العمق، يلتقط أصواتًا كثيرة مختلفة من مجال واسع من طبقات الصوت، وخاصة الأصوات خفيضة الطبقة. وحول هذا الناقوس يوجد غشاء رقيق من البلاستيك يلتقط الأصوات ذات الطبقة المرتفعة التى تصدر عن دقات القلب وتنفُّس الرئتين.

أجهزة قياس ضغط الدم

من المهم دائمًا قياس ضغط دم المريض لمعرفة ما إذا كان القلب يقوم بضخ الدم بكفاية. وجهاز قياس الضغط يستخدم لقياس ضغط الدم وهو يجرى فى الشرايين. وقد اخترع هذا الجهاز عام 1896 على يد الطبيب الإيطالى شيبيونى ريفا ـ روتشى (1863-1937).

ويتكون جهاز قياس الضغط من أنبوبة يتصل أحد طرفيها بكيس طويل قابل للنفخ، يُسمى «الطوق» أو «الإسورة»، ويُلف حول أعلى الذراع. ويقوم الشخص الذى يأخذ قياس الضغط بنفخ الطوق باستخدام مضخة هواء يدوية صغيرة حتى يكون الضغط على الذراع كافيًا لإيقاف تدفق الدم من خلال شريان رئيس موجود فى أعلى الذراع، تحت الطوق تمامًا. والوصول إلى هذه النقطة يمكن معرفته بالاستماع من خلال سماعة طبية إلى نبض الدم. وفرق المستويين اللذين يظهران على مقياس جهاز الضغط، ويظهر ذلك على مسطرة مدرجة، هو قياس ضغط الدم. ويسجل جهاز قياس الضغط رقميْن: الرقم الأعلى (انقباضى) هو الضغط الذى يحدث عندما ينقبض القلب؛ والرقم المنخفض (انبساطى)، هو الضغط الذى يحدث عندما يستريح القلب بين الضربات.

جهاز رسم القلب الكهربائى

يسجل جهاز رسم القلب الكهربائى إشارات كهربائية لحركة عضلات القلب وهى تدفع الدم إلى أجزاء الجسم. وقد اخترع هذا الجهاز أخصائى الفسيولوجيا (أخصائى علم وظائف الأعضاء) الألمانى فيليم أينتهوفن (1860-1927) فى 1903م. ويتم التقاط الإشارات التى يصدرها القلب عن طريق الأقطاب الكهربائية المثبتة على صدر الشخص. ويمكن أخذ القراءات أيضًا من الذراعين أو الرجلين. ويقوم جهاز رسم القلب بتكبير الإشارات لكى يمكن إظهارها على شاشة أو لكى تقوم برسم نموذج لموجات القلب على ورقة. وجهاز رسم القلب يحتوى أيضًا على أداة تقيس معدل ضربات القلب.

وتستخدم أجهزة رسم القلب لفحص حالة قلب شخص أثناء فحص طبى. كما تستخدم لمراقبة نشاط القلب بعد حادثة أو جراحة أو نوبة قلبية أو غير ذلك من المشاكل الصحية الخطيرة. وفى هذه الحالات، يقوم الجهاز بعمل فحص مستمر على معدل ضربات القلب.

وهناك دوائر تحذيرية تصدر تحذيرًا أتوماتيكيًا للفريق الطبى إذا أصبحت ضربات القلب غير عادية. فى الوقت ذاته، هناك ذراع حساسة تبدأ فى رسم نموذج للموجات. وتساعد هذه التسجيلات الأطباء فى معرفة ما مشكلة قلب المريض.

جهاز قياس ضربات قلب الجنين

تعتبر فترة الحمل وعملية الولادة من الأوقات العصيبة لكل من الأم والطفل. ومن المعتاد أن يقوم الأطباء بقياس ضربات قلب الجنين وهو داخل الرحم ليطمئنوا على عدم تعرض الجنين لنقص الأكسجين، وهى حالة تُسمى «إجهاد الجنين». وتحدث هذه الحالة غالبًا أثناء الولادة، عندما يقل وصول الأكسجين إلى الجنين عن طريق المشيمة. وأحيانًا يلتف الحبل السُّرى حول رقبة الجنين. ولكى يكون الجنين فى حالة صحية طيبة، يجب أن يكون معدل ضربات القلب بين 120 و160 ضربة فى الدقيقة. وعندما يُصاب الجنين بالإجهاد لا يحدث تقلُّب فى معدل ضربات القلب، ولكنها تهبط إلى معدَّل أقل، وتظل ثابتة عليه.

يرسل جهاز المراقبة موجات فوق صوتية إلى الطفل من خلال جسم الأم. وتنعكس الموجات على قلب الجنين الخافق، وترتد موجات الصدى فيتلقاها الجهاز ويترجمها إلى صورة تُعرض على الشاشة. أو يمكن قياس معدل ضربات القلب عن طريق جهاز يُسمى الإلكترود (وهو قطب تسرى فيه الكهرباء)، ويوضع على رأس الجنين عن طريق مهبل الأم. ويتلقى الإلكترود إشارات كهربائية من قلب الجنين، وهذه الإشارات تترجم إلى قياس لمعدل ضربات قلب الجنين.

وإذا كان الجنين فى حالة إجهاد شديد، يمكن إخراجه بإجراء عملية قيصرية لتوليد الأم. وإذا كان الحمل فى مرحلته الأخيرة يمكن توليدها باستخدام جفت الجراحة أو بأداة تسمى «شفَّاط تفريغ الرحم».

جهاز رسم المخ الكهربائى

فى 1929، اخترع عالم الأحياء والطبيب النفسى الألمانى هانز برجر (1873-1941) جهازًا لقياس كهربية المخ، وهو عبارة عن آلة تستخدم فى دراسة موجات المخ. وهذه الموجات عبارة عن إشارات كهربائية صغيرة يولدها المخ طوال الوقت. ويمكن كشف موجات المخ باستخدام وصلات معدنية، تسمى الأقطاب، وعادة يتم تثبيتها على جمجمة المريض. وأثناء جراحات المخ، يمكن وضع الأقطاب مباشرة على سطح المخ. والإشارات التى تلتقطها الأقطاب يتم تكبيرها فى جهاز رسم المخ وإظهارها على شاشة المراقبة. والنموذج الذى ترسمه هذه الموجات يعتمد على مدى نشاط المخ. وبالمقابل، يعتمد ذلك على صحة المريض، وماذا يفعل فى وقت قياس هذه الموجات. والمخ الصحى تنتج عنه رسوم موجات متماثلة. فإذا كان نموذج الموجات غير عادى، فهذا يعنى غالبًا أن المخ مصاب بمرض أو جرح. ويستعمل جهاز رسم المخ أيضًا لإجراء فحوصات على وظائف الأجزاء المختلفة من المخ.

أجهزة الاستشعار الطبية

كثير من المستشفيات فى وقتنا الحاضر لديها أجهزة آلية إليكترونية، تسمى «أجهزة الاستشعار الطبية»، والتى تقيس وتسجل الوظائف الفسيولوجية مثل ضغط الدم. هذه الأجهزة تتضمن مكونات كهربائية، تسمى «محوِّل الطاقة»، وهو يحوِّل القياسات الطبيعية إلى إشارة كهربائية. وتظهر النتيجة كقراءة رقمية (ديجيتال) على شاشة مراقبة. وهذه الأجهزة تصدر عادة صوتًا تحذيريًا عندما تتخطى القياسات المستوى الطبيعى، أو تقل عنه.

وفى المستقبل سينتشر من هذه الأجهزة نوع يُطلق عليه «بيوسنسور» أو «جهاز الاستشعار البيولوجى». وهو يستخدم لتسجيل مستويات الكيماويات الجسدية، مثل مستوى الجلوكوز فى الدم. ويستخدم البيوسنسور أحد الأنزيمات (وهى أنواع من

هل تعلم؟

إذا توقف قلب إنسان ينبغى الإسراع بمحاولة استعادة القلب لخفقانه لإنقاذ حياة المريض. ويمكن فعل ذلك باستخدام آلة تسمى "جهاز فك الانقباض العضلى" والمعروف باسم جهاز الصدمة الكهربائية، وهذا الجهاز يعطى القلب صدمة كهربائية قوية باستخدام قطبين يوضعان على الصدر، فوق القلب. والصدمة تجعل كل عضلات الصدر تنقبض، بما فيها عضلة القلب. وهذا غالبًا ما يجعل القلب يعود إلى الخفقان بشكل طبيعى مرة أخرى. وأحيانًا يكون من الضرورى إجراء الصدمة عدة مرات.

الكيماويات الحفّازة فى الجسم) لتتفاعل مع المادة الكيميائية التى يقيسها، وينتهى بنتيجة يمكن اكتشافها عن طريق مِجَسٍّ، مثلاً، من خلال تغير فى اللون أو درجة الحموضة. ثم، بالطريقة ذاتها التى يعمل بها جهاز المراقبة الطبى، يقوم محوِّل للطاقة فى المجسّ بتحويل القياس إلى قراءة رقمية (ديجيتال) على شاشة المراقبة.

الاختبارات المعملية

اختبارات المعامل أداة شديدة الأهمية فى التشخيص والمراقبة الطبية. وتستخدم الميكروسكوبات بشكل منتظم فى المعامل الطبية (معامل الباثولوجى) لفحص عينات الأنسجة. ويتزايد استخدام أجهزة البيوسنسور لعمل تحاليل الدم، وقياس مستويات الإنزيمات والكيماويات فى الدم، مثل الجلوكوز. وتُظهر نتائج فحوص المعامل مدى كفاءة أعضاء الجسم الداخلية، مثل الكَبد والكليتين.

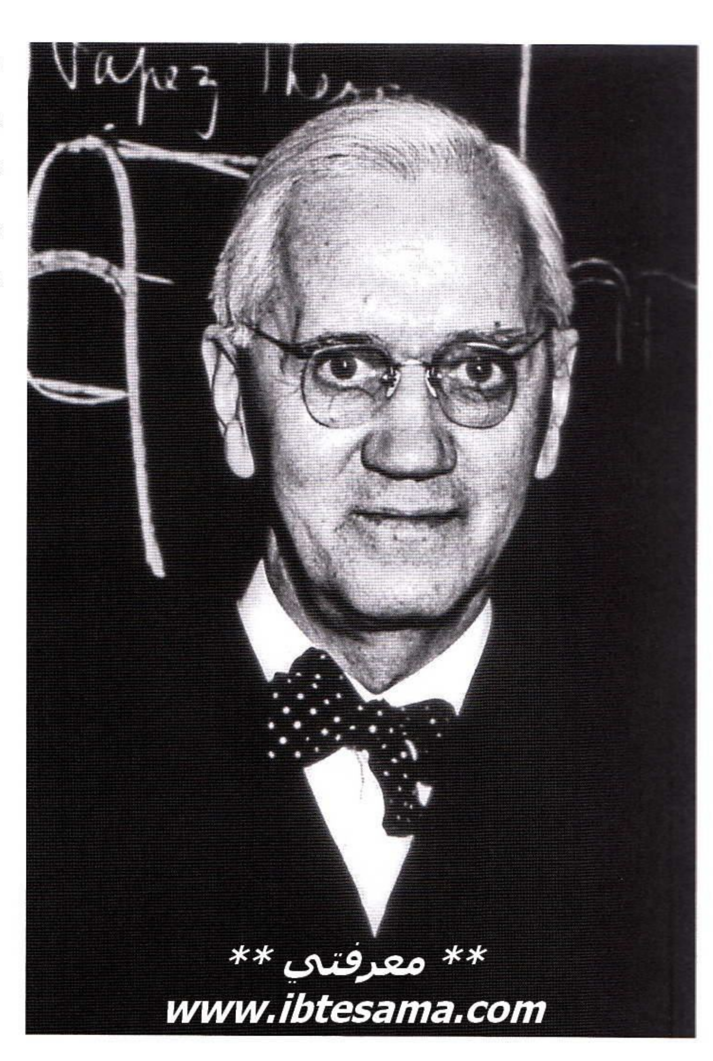
وحدة العناية المركزة

يُعالج المرضى فى الحالات الحرجة أو الإصابات الخطرة فى وحدة العناية (أو الرعاية) المُرَكَّزَة. ووحدة العناية المركزة مجهزة بالكثير من الأجهزة الإلكترونية لفحص صحة المريض. وكل مجموعة من هذه الأجهزة تعمل معًا، وتسمى جهاز مراقبة المريض. ويمكن أن يجمع هذا الجهاز بين آلات متعددة منفصلة، أو يمكن أن تكون كلها مجمّعة بحيث تشكل وحدة واحدة.

وجهاز التنفس، أو «آلة المساعدة على الحياة»، هو جزء مهم من وحدة العناية المركزة. وهو يوفر الأكسجين الكافى الذى تحتاجه أعضاء المريض الرئيسة مثل المخ، والكليتين، والقلب. ويستخدم الفريق الطبى الأجهزة الروتينية أيضًا، مثل جهاز قياس الضغط، وجهاز مراقبة ضربات القلب، لفحص حالة المرضى فى وحدة العناية المركزة.

العلاج الطبى الحديث

يقرر الإخصائيون الطبيون أفضل مسار للعلاج بناء على التشخيص الدقيق والمنافع التى يمكن الحصول عليها من خطة العلاج. وقد يشمل العلاج الطبى العلاج الدوائى، أو الإشعاعى، أو الجراحى، أو هذه الثلاثة مجتمعة. وقد ينصح الفريق الطبى أيضًا باستخدام أدوات تساعد على قيام الجسم بوظائف معينة، مثل جهاز غسيل الكلى، ومُنظِّم ضربات القلب.



▲ الطبيب الأسكتلندى ألكسندر فلمنج، والذى اكتشف، بالصدفة، البنسلين كمضاد حيوى فى 1928.

هل تعلم؟

جهاز التنفس آلة تقوم بوظيفة التنفس للمرضى الذين يفقدون القدرة على التنفس بأنفسهم. ويتكون هذا الجهاز من مضخة كهربائية متصلة بمصدر هواء. تدفع المضخة الهواء فى أنبوبة تدخل إلى الرئتين من خلال فتحات التنفس عند المريض. وقبل أن يدخل الهواء إلى الرئتين، يمر فى جهاز للرطوبة يضيف بخار ماء معقمًا للحفاظ على رطوبة الرئتين. وتساعد المرونة الطبيعية للرئتين والقفص الصدرى فى إخراج هواء الزفير إلى أنبوبة خروج. وهناك صمام وحيد الاتجاه مثبت على أنبوبة الخروج يمنع عودة هواء الزفير إلى الرئتين.

العلاج الدوائى

العلاج الدوائى، أو الكيميائى، قديم قِدَم الطب نفسه. استخدم قدماء المصريين أدوية مستخلصة من الأعشاب، وجعلوها على شكل مشروبات أو مراهم أو قطرة للعين. واعتمد الطب فى الصين القديمة (ولا يزال يعتمد) على مجموعة كبيرة من العلاجات العشبية. وفى أماكن أخرى، كانت الأدوية القديمة غالبًا تحتوى على بعض المكونات، مثل البراز والعرق والبول. وفى عصر النهضة، استطاع الطبيب السويسرى باراسيلسوس (1493-1541) أن ينشر استخدام بعض المكونات مثل الزرنيخ والزئبق واللودانوم، وهو دواء لتسكين الآلام مشتق من الأفيون. وفى هذا الوقت كان العلاج باستخدام الأعشاب منتشرًا فى أوروبا.

وظهرت مضادات الميكروبات لأول مرة فى بدايات القرن العشرين. فى 1909، اكتشف الطبيب الألمانى بول أيرليش (1854-1915) السلفا، وهى أحد مشتقات الزرنيخ، واستخدمت بنجاح فى علاج مرض الزُهرى البكتيرى. ثم فى 1928 اكتشف الطبيب الأسكتلندى ألكسندر فلمنج (1881-1955) البنسلين. وبدأ العصر الذهبى لتطور الأدوية فى ثلاثينيات القرن العشرين، عندما اكتشف العالم الألمانى جيرهارد دوماك (1895-1964) أن بعض الأمراض البكتيرية القاتلة يمكن علاجها بنجاح باستخدام صبغة تحتوى فى مكوناتها على السلفا.

وصناعة الدواء اليوم صناعة معقدة على أعلى مستوى. ويتم التحكم بالكمبيوتر فى جميع مراحل صناعة الدواء، من أول تحليل المكونات الكيميائية للدواء إلى عملية التركيب. وربما يكون أعظم تطور فى العلاج الدوائى الحديث هو تكنولوجيا تناول الدواء. فيمكن الآن تناول الأدوية فى شكل قطرة للعين، أو محلول، أو رشاشات الاستنشاق.

العلاج الإشعاعى

منذ أكثر من مائة عام، استخدم الأطباء أشعة إكس لتكشف دواخل جسم الإنسان. ويُستخدم الإشعاع اليوم أيضًا فى علاج أمراض مثل السرطان. والسرطان مرض يحدث عندما تبدأ بعض خلايا الجسم فى الانقسام بشكل عشوائى؛ مما يؤدى إلى تكوين أورام. ويمكن استخدام الإشعاع فى تدمير الخلايا السرطانية، لكنه يمكن أن يتسبب فى تدمير خلايا صحيحة أيضًا. ولهذا فإن استخدام الإشعاع بدرجة زائدة فى مكان خطأ يمكن أن يدمر أعضاء الجسم أو يتسبب فى ظهور أورام سرطانية جديدة. وهدف العلاج الإشعاعى، كما تُسمى هذه التقنية العلاجية، هو إعطاء جرعة صحيحة من الإشعاع للخلايا التى يجب تدميرها. ويجب تجنب وصول الإشعاع إلى الأنسجة السليمة. وأجهزة مسح الجسم (مثل أجهزة الموجات فوق الصوتية والرنين المغناطيسى وغيرها) تجعل من الممكن الآن رؤية الورم ومعرفة مكانه بالضبط، ومن ثم يستطيع إخصائيو العلاج الإشعاعى أن يركزوا الشعاع عليه. وتُظهر أجهزة المسح أيضًا بعد ذلك مدى نجاح العلاج.

وأحيانًا، بدلاً من استخدام شعاع موجه من أشعة إكس، يتم زرع مصدر الإشعاع داخل الجسم، عن طريق الجراحة. وزراعة أسلاك مشعة مصنوعة من معدن الإيريديوم داخل الجسم يمكن أن يمُدَّ بجرعات صغيرة مستمرة من الإشعاع فى المكان الذى يحتاجها بالضبط.

وهناك تقنية أخرى تجمع بين مسح الجسم والعلاج بأشعة إكس، وهى التدخل الإشعاعى، وفيه يقوم إخصائيو الإشعاع بعمل إجراءات علاجية مباشرة داخل الجسم. وهم يستخدمون فى ذلك أجهزة التصوير الكمبيوترية أو الموجات فوق الصوتية لإرشادهم وهم يدخلون أسلاكًا رفيعة أو آلات دقيقة داخل الجسم. فالجراحة التى كانت- فى يوم من الأيام- تتطلب فتحات كبيرة وعميقة لا تترك الآن سوى أثر صغير. وفى الغالب لا يحتاج المرضى تخديرًا كليًّا، ويمكنهم العودة إلى البيت بعد إجراء الجراحة، فى اليوم ذاته.



▲ **أثناء العصور الوسطى، كان الأطباء يستخدمون مجموعة من الأدوات المروعة، مثل الكلابات؛ والمناشير، لإجراء العمليات. ومن دون استخدام تخدير أو فهم للعدوى، كانت الجراحات حتمًا تؤدى إلى موت معظم المرضى.**

الجراحة

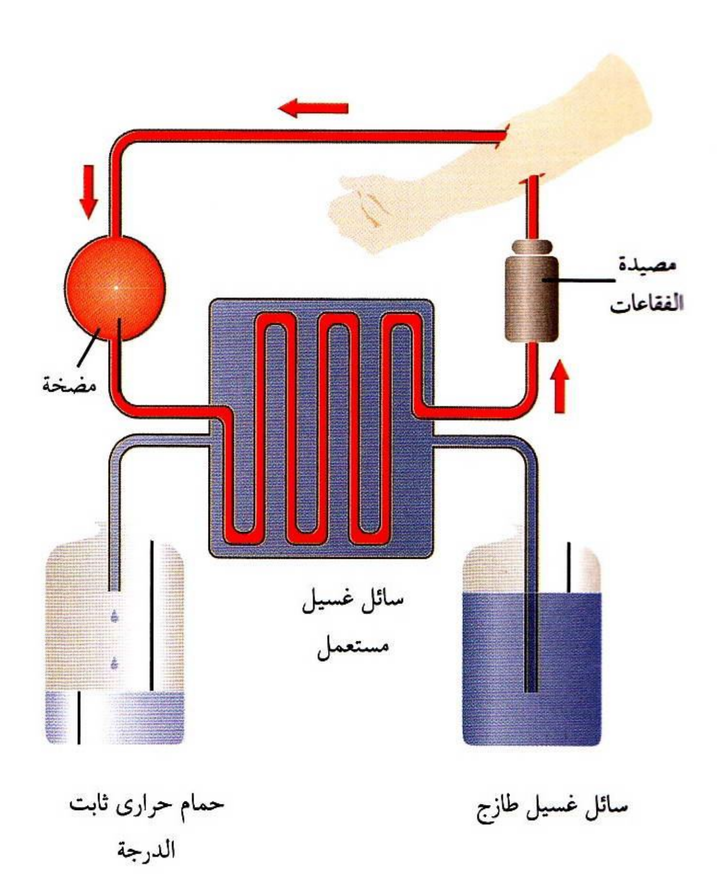
معظم الجراحات تعتبر الآن من الأمور الروتينية، ويعود الفضل فى ذلك إلى استخدام التخدير (البنج)، وأجهزة المراقبة الطبية، وأدوات تكنولوجية مثل جهاز القلب ـ الرئة. ومعظم عقارات التخدير تجعل المريض يغيب عن الوعى، ولا يشعر بالألم. والعقارات التى تساعد على ارتخاء العضلات تجعل من السهل على الجراح إجراء الجراحة فى أجزاء الجسم. ويستخدم الفريق الطبى أجهزة المراقبة لفحص صحة المريض أثناء إجراء الجراحة. وهذا مهم خاصة بالنسبة إلى المريض الذى تم تخديره تخديرًا كاملاً. وتقوم آلة القلب ـ الرئة بأدوار الدورة الدموية والتنفس اللذيْن يقوم بهما القلب والرئة أثناء جراحات القلب المفتوح.

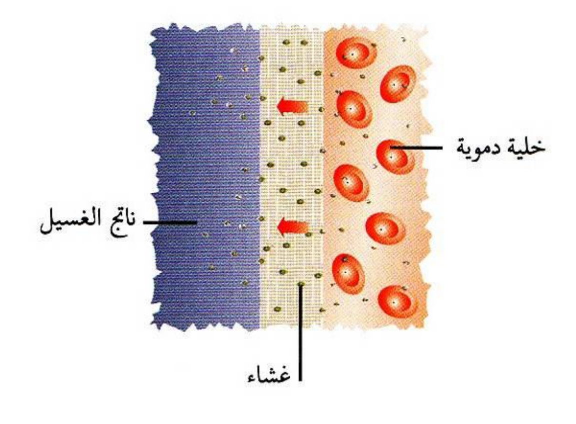
وقد أجريت زراعة الأعضاء لأول مرة فى خمسينيات القرن الماضى، بنجاح محدود. واليوم، أصبح إجراء هذا النوع من الجراحات روتينيًّا تقريبًا فى العالم المتقدم. ولكن، زراعة الأعضاء محدودة بوجود الأعضاء وإمكانية قبول الجسم لها وعدم رفضها. وللتغلب على هذه المشاكل، تجرى تجارب على زراعة الأنسجة باستخدام خلايا من جسم المريض نفسه. وعلى سبيل المثال، استطاع العلماء تنمية مثانة فى المعمل، بزراعة نسيج مثانة حول مادة فطرية لتنشيط الخلايا. أما الأعضاء المعقدة، مثل القلب، فهى لا تزال تشكل مشكلة أكبر. وفى هذه الحالة، فإن أكثر تطبيقات التكنولوجيا الجديدة الممكنة هى استبدال الأجزاء التالفة من القلب بأنسجة مزروعة.

أجزاء الجسم الاصطناعية والتكميلية

فى حالات كثيرة، يمكن استخدام أدوات اصطناعية لدعم أو استكمال أجزاء الجسم الهالكة. ومن الوسائل المساعدة البسيطة النظارات والسماعات الطبية، لكن استخدام آلات أكثر تعقيدًا، مثل منظم ضربات القلب، قد أصبح تقريبًا من الإجراءات الروتينية.

ويمكن استخدام أجهزة لتقوم بوظائف بعض الأعضاء، مثل الكبد والكليتين. وفى 1943، استطاع الطبيب الألمانى ويليم كولف (1911–) تقديم أول جهاز ذى كفاية للغسيل الكلوى. وجهاز الغسيل الكلوى عبارة عن كلية صناعية تقوم بدور الكليتين فى إزالة المواد السامة والمياه الزائدة من الجسد، وذلك بفلترة الدم من خلال غشاء شبه منفذ. والشوائب الموجودة فى دم المريض

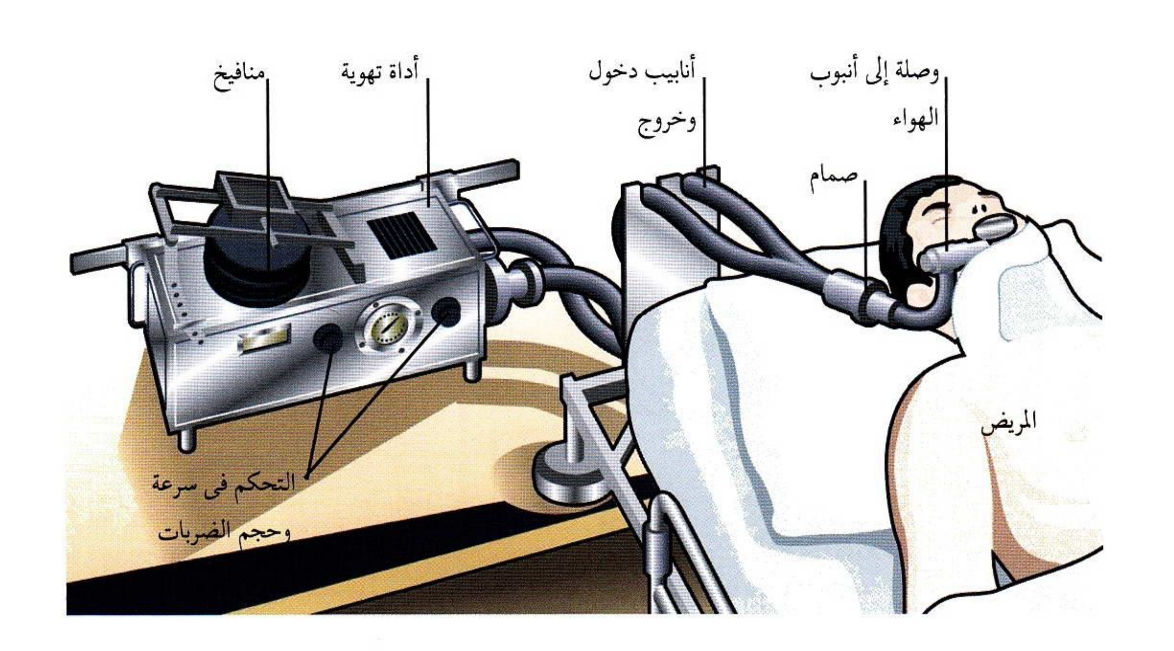




▲ **استخدم جهاز غسيل الكلى لأول مرة فى 1943 لعلاج المرضى الذين يعانون من فشل كلوى حاد أو مزمن.**

ومن الأمثلة على ذلك، بالون الأوعية الدموية، وهو وسيلة لفتح الأوعية الدموية المسدودة أو الضيقة. أولاً يضع الجراح سلكًا كدليل داخل الوعاء الدموى، ويليه أنبوب يسمى «القسطرة»، مثبت فى طرفه نوع من البالون الدقيق. ويمكن نفخ هذا البالون لإزالة الانسداد، وعادة يكون هذا الانسداد بسبب تجمع مادة دهنية، ويسمى «تصلّب الشرايين». وإذا أصيب الوريد الأساسى الموصّل إلى الساق، يمكن لبالون القسطرة أن يعيد تدفق الدم إلى العضو بكامله.

◀ هذا الرسم يبين أداء جهاز التنفس الصناعى، والذى يُستخدم عندما يكون الشخص غير قادر على التنفس بشكل طبيعى. وفى هذا الإجراء، ينتقل الهواء إلى رئة المريض من خلال أنبوب يتم إدخاله إلى القصبة الهوائية. وبعد أن تمتلئ الرئتان بالهواء، يخرج الهواء بفعل المرونة الطبيعية للرئتين.



تخرج من خلاله لتصب فى سائل الغسيل الكلوى. ولابد من إجراء الغسيل الكلوى لأوقات تستمر حوالى أربع ساعات، ثلاث مرات فى الأسبوع. وكثير من المرضى يقومون بعملية الغسيل الكلوى لسنوات - أو حتى نهاية حياتهم. ومع ذلك، لا زال الغسيل الكلوى يُنظر إليه كإجراء مؤقت، والحل النهائى لا يكون إلا بزراعة كلْيَة جديدة.

وهناك تقنية جديدة يمكن بها تجنب الحاجة إلى جهاز الغسيل الكلوى، تُسمى «الغسيل البريتونى المستمر المتنقل». ويحتاج المريض أولاً إلى إدخال أنبوب إلى البطن. ولبداية العلاج، يدخل المريض حوالى لترين من سائل الغسيل الكلوى داخل الأنبوب إلى التجويف البريتونى الذى يحيط بالبطن. والآن تنتشر الشوائب مباشرة من الأعضاء الموجودة فى البطن إلى سائل الغسيل. وبعد بضع ساعات يقوم المريض بتفريغ السائل والتخلص منه. ويستطيع المريض أن يستمر فى أعماله اليومية العادية بينما تجرى هذه العملية داخل الجسم.

الكمبيوتر فى الطب

تستخدم الكمبيوترات فى المستشفيات على نطاق واسع لتخزين وتجديد سجلات المرضى، والأجهزة، والأدوية، والإمدادات الأخرى. وقد تزايد استخدام الكمبيوتر فى تشخيص الأمراض من الأعراض الظاهرة على المريض؛ لكى يمكن إعطاء العلاج الصحيح فى الحال. وتكنولوجيا الكمبيوتر ساعدت على تقوية المريض أيضًا. فالناس الذين يعانون من عدد من الحالات المرضية يمكنهم أن يلتحقوا بجماعات المساعدة على الإنترنت، ويتجولوا على مواقع الشبكة الطبية الموجهة إلى غير المتخصصين. وبهذه الطريقة يمكن للمرضى أن يعرفوا معلومات أكثر عن حالتهم ويعرفوا أحدث العلاجات.

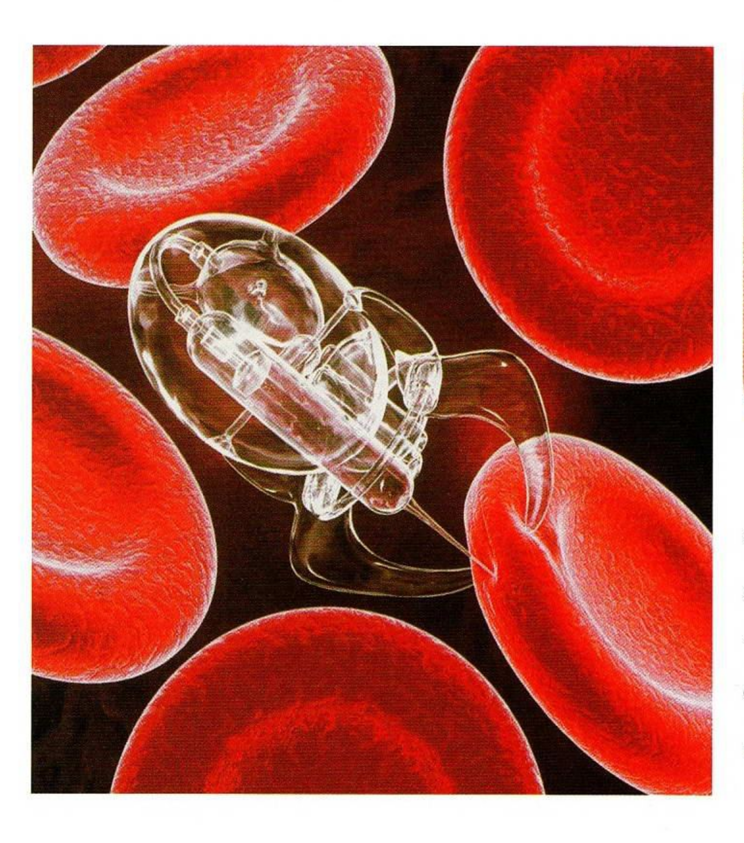
هل تعلم؟

يمكن استخدام أشعة الليزر لعمل جراحات شديدة الدقة والخطورة. وتستخدم أشعة الليزر بطريقتين- لعمل قطع، مثل المبضع أو مشرط الجراحة، أو لإحراق مناطق من الأنسجة المريضة أو التالفة. وشعاع الليزر معقم تمامًا (يخلو تمامًا من الجراثيم). وبضبط شعاع الليزر ليكون رفيعًا جدًا، يمكن استخدامه كمبضع. وهو يتميز بإمكانية إغلاق الأوعية الدموية الصغيرة، ومن ثم يقلل من فقدان الدم وحدوث صدمة عصبية للمريض. والواقع أن الليزر قد لقبه كثير من الجراحين "بالمشرط غير الدموى". واستخدام الليزر بهذه الطريقة يتطلب مهارة وإحكامًا شديديْن. وإذا استُخدم شعاع ليزر باتساع بضع بوصات، يمكن تدمير أو إزالة مناطق من الأنسجة المريضة بسرعة أكثر كثيرًا من أى أداة جراحية أخرى. وكذلك يستعيد المريض صحته أسرع كثيرًا مما لو استخدمت تقنيات علاجية أخرى.

تكنولوجيا النانو

تكنولوجيا النانو فرع مثير من العلوم يختص بصناعة آلات على مستوى الجزيئات. وقد تتسبب تكنولوجيا النانو فى حدوث ثورة فى أوجه كثيرة من حياتنا، نظرًا لتطبيقاتها الجديدة فى مجالات الصناعة، والعلوم الطبية.

تكنولوجيا النانو هى التعامل مع المادة على مستوى مقياس النانومتر. يأتى الشق الأول من الكلمة «نانو» من الأصل اليونانى «نانوس» بمعنى «قزم». والنانومتر يساوى جزءًا من البليون من المتر. تتعامل تكنولوجيا النانو مع الجزيئات المفردة لتصنيع الأجهزة، بدلاً من استخدام المواد الخام المعتادة الموجودة فى خطوط الإنتاج المألوف.



▲ **توضح هذه الصورة التى صممها الكمبيوتر، كائنًا آليًا فى الدم، وهو يقوم بحقن أدوية فى إحدى خلايا الدم. ويُعتقد أنه من الممكن الوصول يومًا إلى تصنيع هذه التجهيزات الدقيقة للمعاونة فى مقاومة الأمراض.**

النظرية الخارقة

لم يكن هناك اكتشاف واحد كبير أطلق تطور تكنولوجيا النانو، إنما تحددت معالم الفكرة لأول مرة فى عام 1959، حين ألقى الفيزيائى الأمريكى رتشارد فينمان (1918 - 1988) محاضرة فى الجمعية الفيزيائية الأمريكية، وكانت المحاضرة بعنوان «هناك الكثير من المكان عند القاع»، وجذب فيه الانتباه إلى وجود إمكانات كثيرة جدًا للعلم على المستوى الميكروسكوبى، واختتم فينمان محاضرته بطرح تحديين، الأول جائزة قدرها 1000 دولار لأول شخص يتمكن من صنع محرك كهربائى لا يتجاوز عرضه 1/64 من البوصة (0.039 ميلليمتر)، وجائزة ثانية قدرها 1000 دولار لأول شخص يتمكن من تصغير حجم الكتابة 25,000 مرة. وقد استغرق الأمر 25 سنة للمطالبة بالجائزة الثانية، ذلك بعد ابتكار جهاز يسمى بميكروسكوب القوى الذرية.

مداخل مختلفة

هناك طريقتان لصنع آلات على مستوى النانومتر: «من القمة إلى أسفل» أو «من القاع إلى القمة». وتعرف طريقة «من القمة إلى أسفل» بعدم رشاقتها فهى لا تفعل أكثر من دفع حدود التقنيات المستعملة بالفعل على مقياس كبير مع محاولة تصغيرها بقدر الإمكان. لم ينجح أبدًا أسلوب «من القمة إلى أسفل» فى إنتاج شىء يقل عرضه عن بضع مئات، أو آلاف من الذرات المتجاورة.

أما تقنيات «من القاع إلى القمة»، فهى الوسائل التى يتم بها صنع التجهيزات من ذرات، أو جزيئات منفردة. ولعله سيتم صنع شريحة الكمبيوتر من بدايتها دون ذرات غير ضرورية؛ مما يجعل عرض الشريحة مجرد بضعة جزيئات. وتكمن فى هذه التقنيات، الإمكانات التى تثير اهتمام المتخصصين فى تقنيات النانو؛ حيث ستكون الشريحة المصنعة من جزيئات، أصغر بمئات المرات من الشرائح المستعملة اليوم؛ مما يتيح تقنيات متزايدة القوة فى أجهزة الكمبيوتر والاتصالات. ومازالت تقنيات أسلوب من «القاع إلى القمة» فى مهدها، وهى تتناول العديد من فروع العلم المختلفة مثل، التكنولوجيا الحيوية، والكيمياء والهندسة.

هل تعلم؟

تمكن العلماء فى معامل "لوسنت بل" بولاية نيوجيرسى، من صنع ترانزستور كهربائى تتكون قناته من جزىء واحد.

أدوات التجميع

تنبه العلماء إلى أن الماكينات الدقيقة (النانو) الأولى يجب أن تكون من نوع «أدوات التجميع»، مثل الأدوات الكيميائية القادرة على إنتاج آلات أخرى بسهولة، وبوفرة، وبسعر رخيص. حيث يختلف الجزىء الناتج طبقًا لنوع الإشارات المرسلة إلى «أدوات التجميع» ولنوع المواد المعطاة لها. ولعل الرايبوزومات مثل جيد لـ«أداة تجميع» طبيعية، ويمكن اعتبارها نموذجًا لتلك العملية. حيث تقوم الرايبوزومات بتركيب البروتينات طبقًا للمعلومات الموجودة فى الحمض النووى الريبوزى الناقل، (mRNA) والتى ينسخها من الحمض النووى (DNA).

تطبيقات بعيدة المدى

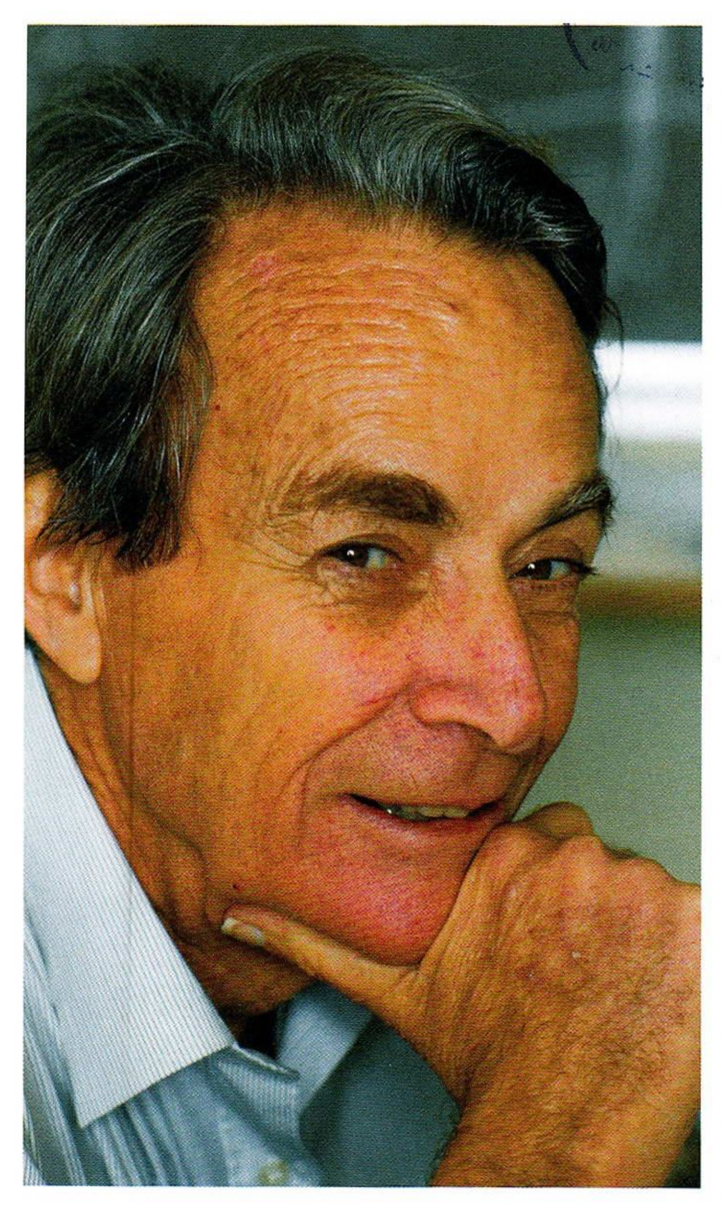
يعتقد مؤيدو تكنولوجيا النانو أنها ستستخدم بأساليب من شأنها التأثير الكبير فى كل الناس. ويظهر مدى جدية الاهتمام بتكنولوجيا النانو وفوائدها المرجوة، من حجم إنفاق الحكومة الأمريكية على الأبحاث المتعلقة بها، والتى تبلغ 500 مليون دولار سنويًا.

وقد تم اقتراح إنتاج آلات دقيقة (نانو) بإمكانها إصلاح طبقة الأوزون، وتغيير البيئة فى كواكب أخرى لجعلها صالحة للمعيشة، وكذا صنع آلات معقدة تتنامى فى حجمها مثل السيارات.

وتحمل تكنولوجيا النانو احتمالات هائلة للتقدم فى مجال الطب، فقد يشتمل طب النانو على أجهزة دقيقة يمكنها حمل الأدوية داخل جسم المرضى الذين يعانون من متاعب صحية مزمنة. كذلك بإمكان أجهزة النانو الدقيقة أن تعمل بشكل مشابه لجهاز المناعة بالجسم، ويمكن برمجتها، فتبحث عن البكتريا، والخلايا السرطانية، والفيروسات، وتقضى عليها.

مخاوف المستقبل

لقيت تكنولوجيا النانو فى السنوات الأخيرة، الكثير من النقد من قبل أجهزة الإعلام؛ نتيجة لنشر كتب مثل «الفريسة» فى عام 2002، للكاتب الأمريكى والمخرج والمنتج مايكل كريشتون (من مواليد 1942). ويقدم كتاب «الفريسة» تكنولوجيا النانو كعلم بإمكانه الانفلات من السيطرة ليصبح خطرًا على المجتمع. وقد أدى هذا المفهوم إلى جدل بين العلماء والجهات الحكومية حول تطبيقات تكنولوجيا النانو من النواحى الأخلاقية، والقانونية والاجتماعية. وقد احتج بعض العلماء بأن التركيز على المخاطر المحتملة قد يحرم المجتمع من الفوائد التى يمكن أن تقدمها تكنولوجيا النانو.



▲ بدأ العالم الأمريكى رتشارد فينمان الحوار حول إمكانات تكنولوجيا النانو فى أواخر الخمسينيات من القرن العشرين. وقد أسهم فينمان أيضًا فى تطوير القنبلة الذرية، كما وسع مفاهيم الديناميكا الكهربائية الكمية.

مقياس ضغط الإمداد بالأكسجين

خزان أكسجين للطوارئ

هوائى الراديو

جهاز لاسلكى

حقيبة ظهر

نافث الهواء المبرد

خوذة مكيفة الضغط

واجهة الخوذة

مضخة السائل المبرد

وحدة تحكم فى حقيبة الظهر

أنبوب تبريد

مقياس ضغط هواء البذلة

إمداد الأكسجين

جيب لعينات الصخور

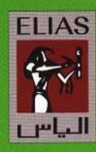
صندوق إسعافات أولية

بذلة داخلية مقاومة للحرارة

بذلة خارجية من نسيج زجاجى




ISBN 977-304-284-7
9 789773 042844



دار الياس العصرية للطباعة والنشر


Exclusive
For
www.ibtesama.com